

# 超声波探伤轧辊内部缺陷的波形特征

刘建军

(宝钢集团常州轧辊制造公司, 常州 213019)

**摘要:**目前的 A 型超声波探伤仪只能提供缺陷回波的时间和幅度信息, 而根据这两个信息来判定缺陷的性质是有困难的。实际探伤中, 探伤人员常常根据经验, 结合工件的加工工艺、缺陷的特征、缺陷波形和底波情况来分析, 估计缺陷的性质。针对轧辊的成型工艺和加工工艺, 根据前人的经验, 结合工作中所做的一些解剖分析, 对轧辊中的常见缺陷及缺陷波形特征进行了归纳总结。为以后对轧辊的缺陷定性积累了经验, 并提供了判定依据。

**关键词:**超声波探伤; 缺陷; 定性; 解剖分析

中图分类号: TG115.28

文献标志码: B

文章编号: 1000-6656(2010)03-0232-03

## Waveform Character of Internal defects in Roll by Ultrasonic Testing

LIU Jian-Jun

(Baosteel Group Changzhou Roll Manufacturing Company, Changzhou 213019, China)

**Abstract:** A current-type ultrasonic flaw detector can only provide defect echo time and amplitude information, and it is difficult to determine the nature of defects on the basis of the information. During practical testing, the nature of defects was usually estimated by the testing staff based on experience combined with the workpiece processing technology, the characteristics of defects, the waveforms of defect and back wall echo. In this paper, cold roll forming technology, processing technology, combined with the experience of their predecessors as well as their own in cold roll was summarized. The work accumulated experience and provided basis for future qualitative evaluation of cold roll deficiencies.

**Keywords:** Ultrasonic testing; Defects; Qualitative; Anatomical analysis

超声检测(UT)技术中的三大关键问题是缺陷的定位、定量和定性评定。评定缺陷的当量大小、延伸长度以及投影面积等都有明确的方法规定, 对保证产品构件的质量和安全使用具有重大作用。然而, 在对缺陷定性评定方面却存在相当大的困难, 这主要是由于缺陷对超声波的反射特性取决于缺陷的取向、几何形状、相对超声波传播方向的长度和厚度、缺陷的表面粗糙度、缺陷内含物以及缺陷的性质等, 并且还还与所使用的超声检测系统特性及显示方式有关, 因此, 在超声检测时所获得的缺陷超声响应是一个综合响应。在目前常用的超声检测技术上还

难以将上述各因素从综合响应中分离识别出来, 因此定性评定十分困难。

在实际检测过程中, 由于难以判明缺陷性质, 在后续加工过程中可以被改善甚至消除的缺陷的产品常被拒收, 造成不必要的浪费; 同时也可能忽视了一些含有危险性缺陷(如裂纹、白点和缩管等)的产品, 对产品的安全使用造成潜在威胁。

### 1 轧辊 UT 的重要性

轧辊是轧钢生产的主要消耗性工具, 由于轧辊生产的技术含量高, 投入的原料和使用的设备价值昂贵, 特别是大型轧辊的生产周期很长。因此, 轧辊用户对轧辊内在组织结构的完整性信息、各种内部和表面低倍缺陷的情况等, 均有全面了解的要求。这一类质量信息均可使用适当的探伤方法来获取。

收稿日期: 2009-03-12

作者简介: 刘建军(1983—), 男, 助理工程师, 主要从事无损检测工作。

## 2 轧辊缺陷定性方法及其特征

目前应用最广泛的是 A 扫描显示型超声脉冲反射式探伤仪。在检测时可根据示波屏上出现缺陷回波时的波形形状,例如起波速度、回波前沿的陡峭程度及回波后沿下降的速度(下降斜率)、波尖形状、回波占宽以及移动探头时缺陷回波的变化情况(波幅、位置、数量、形状和动态包络等),还可以根据观察多次底波的次数、底波高度损失情况,再根据缺陷在被检件中的位置、分布情况,缺陷的当量大小(与反射率有关),延伸情况,结合具体产品、材料的特点和制造工艺作出综合判断,评估出缺陷的性质。有时还可以通过改变发射超声波脉冲的频率、改变声束直径大小(采取聚焦或采用不同直径的探头等)来观察缺陷的回波变化特征,从而识别是材料中的冶金缺陷还是组织反射。

通过上述方法来对缺陷定性,在很大程度上依赖超声检测人员的经验、技术水平和对特定产品、材料及制造工艺的充分了解。下面是一些常见缺陷的回波特征<sup>[1]</sup>:

(1) 钢锻件中的粗晶 多以草状波形式出现,波高从始波到底波逐渐降低,或者只有前面声程范围内有草状波,后面声程范围内无草状波。

(2) 钢锻件中的疏松 一般出现在中部或偏中心部位,回波占宽较大,底波有少量衰减。

(3) 钢锻件中的裂纹 由于裂纹型缺陷内含物多有气体存在,与基体材料声阻抗差异较大,超声反射率高,缺陷有一定延伸长度,起波速度快,回波前沿陡峭,波峰尖锐,回波后沿斜率很大,当探头越过裂纹延伸方向移动时,波形消失也迅速。

(4) 钢锻件中的白点 波峰尖锐清晰,常为多头状,反射强烈,起波速度快,回波前沿陡峭,回波后沿斜率很大,在移动探头时回波位置变化迅速,此起彼伏,多位于被检钢棒材的中心到 1/2 半径范围内,或者钢锻件厚度最大的截面的 1/4~3/4 中层位置,有成批出现的特点。当白点数量多、面积大或密集分布时,还会导致底波高度显著降低,甚至消失。

(5) 钢锻件中的非金属夹杂物 多为单个反射信号,起波较慢,回波前沿不太陡峭,波峰较圆钝,回波后沿斜率不太大并且回波占宽较大。

(6) 气孔 单个气孔回波起波快但波幅较低,波形为单缝,较稳定,有点状缺陷的特征。沿圆周面作 360°纵波扫查时,反射波大体相同,但径向稍一

动探头波形就消失。

(7) 缩管 由于缩管内含物多有气体存在,与基体材料声阻抗差异较大,超声反射率高,缺陷有一定延伸长度,起波速度快,回波前沿陡峭,波峰尖锐,回波后沿斜率很大,也有可能回波成群出现。当探头越过缩管延伸方向移动时,波形消失也迅速。

(8) 夹渣 反射波较紊乱,位置无规律,移动探头时回波有变化,但波形变化相对较迟缓,反射率较低,起波速度较慢且后沿斜率不太大,回波占宽较大。

## 3 试验验证

针对在冷轧辊(实心轧辊)的超声波探伤中常见的一些缺陷进行了解剖分析。解剖分析的结果与上述探伤经验判断得出的结果基本吻合。

### 3.1 探伤方法

采用国产超声波探伤仪 CUT-218, 国产 2.5P20Z 直探头,作径向探测,对轧辊的外圆柱面进行 100% 扫查(图 1),采用机油作为耦合剂。

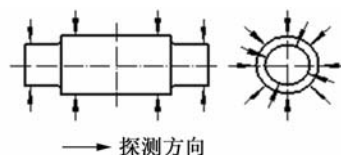


图 1 实心轧辊探测示意图

### 3.2 探伤灵敏度的调整方法

使用底波法,以 20% 满屏高为基准波高,再根据被探部位的尺寸,按式(1)求取灵敏度增量<sup>[2]</sup>。

$$\text{实心轧辊 } \Delta = 20 \lg \frac{\lambda D_i}{2\pi} \quad (1)$$

### 3.3 金相试验方法

径向探测时,在缺陷波高最大的部位切片,对该试样进行高低倍检验。

### 3.4 四种缺陷的波形图与解剖图

#### 3.4.1 缩管

铸件或钢锭冷却凝固时,体积要收缩,在最后凝固的部分因为得不到液态金属的补充而会形成空洞状的缺陷。钢锭在开坯锻造时如果没有把缩孔切除干净而带入锻件中就成为残余缩管(或残余缩孔)。

如规格为  $\phi 260 \text{ mm} \times 3\,200 \text{ mm}$  轧辊,探伤灵敏度增量为 40 dB,缺陷波形见图 2(a),缺陷深度在仪器屏幕刻度的 3~5 格,底波在 10 格,缺陷波 F> 底波 B(基本消失)。图 2(b)为该轧辊的实物解剖图。

#### 3.4.2 翻皮

翻皮是炼钢时钢液从钢包向锭模浇注钢锭时,

如出现浇注中断或停顿等原因,先浇入的液态金属表面在空气中迅速冷却形成氧化膜,在继续浇注时新浇入的液态金属将其冲破翻入钢锭体内而形成的一种分层性(面积型)缺陷。

如规格为 $\phi 130\text{ mm} \times 1\,980\text{ mm}$ 轧辊,探伤灵敏度增量为34 dB,缺陷波形见图3(a),缺陷深度在仪器屏幕刻度的8.6格,底波在9格。图3(b)为该轧辊的实物解剖图。

### 3.4.3 夹杂

熔炼过程中的反应生成物(如氧化物或硫化物等),或金属成分中某些成分的添加料未完全熔化而残留下来形成非金属夹杂。

如规格为 $\phi 170\text{ mm} \times 1\,590\text{ mm}$ 轧辊,探伤灵敏度增量为36 dB,缺陷波形见图4(a)。该轧辊的低倍图片见图4(b)。

### 3.4.4 中心疏松

如直径为 $\phi 1\,300\text{ mm}$ 支承辊,探伤灵敏度增量

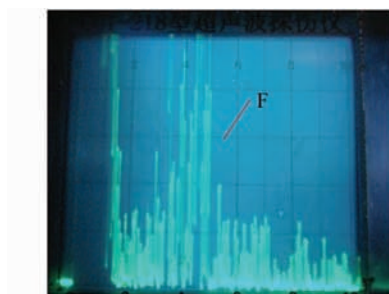
为54 dB,缺陷波形见图5(a)和(b)(灵敏度衰减20 dB后的图片),该支承辊的低倍图片见图5(c)。

## 4 结论

由于冷轧辊从毛坯到成品要经过几道热处理工序,如果轧辊内部有危险性的缺陷(例如裂纹类缺陷),而被流转到热处理工序,极有可能造成轧辊开裂、爆辊等事故。如果轧辊内部含有对使用条件是非危险性的、或者在后续加工过程中可以被改善甚至消除的缺陷,而被拒收,则造成不必要的浪费。所以对轧辊内部缺陷的准确定性就显的尤为重要。

## 参考文献:

- [1] 夏纪真. 超声检测技术中的缺陷定性方法[J]. 无损探伤, 1988, 12(4): 6.
- [2] 中国机械工程学会无损检测分会编. 超声波检测[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

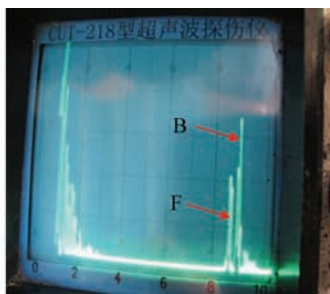


(a) 波形图

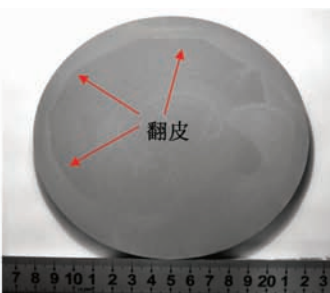


(b) 解剖图

图2 缩管的波形及实物解剖图

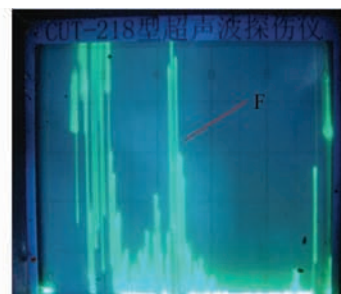


(a) 波形图

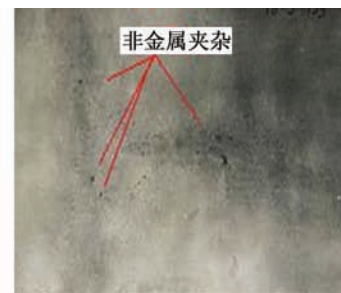


(b) 解剖图

图3 翻皮的波形及实物解剖图

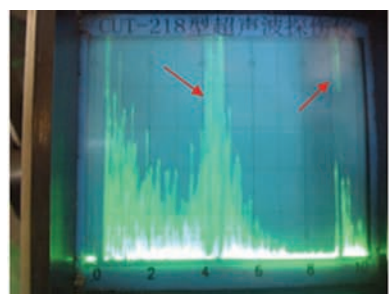


(a) 波形图

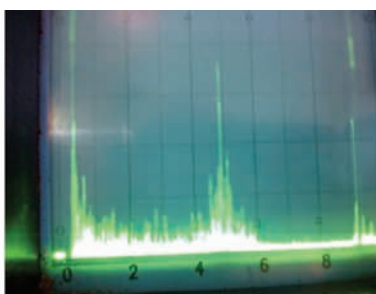


(b) 解剖图

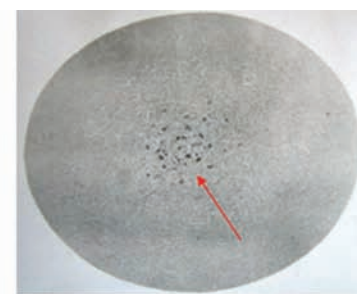
图4 夹杂的波形及产物解剖图



(a) 波形图



(b) 灵敏度衰减20 dB后波形图



(c) 解剖图

图5 支承辊的波形及实物解剖图