

# ASME 标准新版中有关相控阵超声成像检测的 要点评析 第一部分：两种方法要求(续)

李 衍

(无锡市锅炉压力容器学会无损检测专委会, 无锡 214026)

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2015)08-0001-02

**Evaluation of Key Points of Phased Array Ultrasonic Testing in the Updated Edition of ASME Standards Part 1: Two Different Methods Related to Acceptance Criteria (Sequel)**

LI Yan

(NDT Subcommittee of Wuxi Boiler and Pressure Vessel Society, Wuxi 214026, China)

## 3 人员要求

获取和分析 UT 数据、进行结果评定的 UT-II 级或 UT-III 级人员, 应能使用上述带计算机功能的仪器设备, 并经过相应实践培训、参与相应操作演示评定。换言之, 即使有常规 UT 资格和实际经验的 UT-II 级和 UT-III 级人员, 还应接受有关超声 TOFD 和相控阵理论基础和实际检测的附加培训, 并经考试合格。基于断裂力学或工程临界评定的重要性和细致性, 大型企业一般专门设置断裂力学工程师或工程临界评定工程师负责最终评断。

## 4 缺陷定量表征

ASME 规范(2013)第 V 卷《无损检测》第四章 MA-IX 规定了缺陷定量表征<sup>[4]</sup>工艺评定要求。

当规定要按基于断裂力学的验收标准对缺陷进行定量和表征分类时, 应按该强制性附录要求评定 UT 工艺。所谓定量, 是指对缺陷测长和测高(壁厚方向的高度); 所谓表征分类, 是指确定缺陷是表面缺陷还是内部缺陷。

该附录所定方法适用于 ASME 有关卷提出对新结构进行控制时的要求。当用户要为其他用途(如竣工检测)指定按本附录规定时, 应考虑在焊接

评定试板中至少设置 3 个缺陷, 这些缺陷要求是特制的在用缺陷(如疲劳裂纹、应力腐蚀裂纹等), 或者也可指定按 ASME 第十四章提出的所谓高精度型评定(即缺陷检出率应高于规定比值, 误判率应低于规定比值)。

### 4.1 验证试块

(1) 一般要求: 制作验证试块(Demonstration Block)用的材料(包括同种金属和异种金属)、质量、堆焊层、热处理、表面粗糙度、试块曲率(包括  $D > 500$  mm 和  $D \leq 500$  mm)等要求, 与一般 UT 基本校验试块相同。

(2) 制作方法: 验证试块应使用焊接方法制作, 也可用热静压加工(HIP), 只要声特性相似。

(3) 试块厚度: 验证试块的厚度应为被检厚度的 25% 以内。焊缝由不同厚度的材料对接而成时, 试块厚度应按较薄厚度取值 25% 以内。

(4) 焊接结构: 验证试块的焊接接头结构(如坡口型式、坡口角度、钝边高度、根部间隙等)应能代表产品接头的焊接情况的细节。

(5) 缺陷位置: 验证试块应至少设置三个实际平面状缺陷, 也可设置三个电火花加工的线槽, 线槽方向模拟平行于产品焊缝轴线和主要坡口面的缺陷。试块缺陷应位于或靠近试块坡口面, 缺陷布位要求: 一个表面缺陷位于代表工件外表面的试块表面; 一个表面缺陷位于代表工件内表面的试块表面; 一个内部缺陷。

图 7 为相控阵 UT 验证试块的应用示例。焊缝

收稿日期: 2014-10-25

作者简介: 李 衍(1940—), 男, 高级工程师, 主要从事承压设备的无损检测工作。

厚度分若干层区进行检测时,要求每一层区至少设置一个缺陷。

(6) 缺陷尺寸:验证试块的缺陷尺寸应根据验证试块厚度确定,并不得大于 ASME 有关卷的规定值。

① 被检材料壁厚  $t < 25$  mm 时,试块缺陷尺寸应为允许的最大缺陷高度。

② 被检材料壁厚  $t \geq 25$  mm 时,试块缺陷尺寸应取高长比  $a/l = 0.25$  作为允许的缺陷尺寸( $l$  为缺陷长度; $a$  为表面缺陷的高,内部缺陷的半高)。

(7) 用设置单面缺陷替代双面设置缺陷:若评定扫查过程中,对验证试块从两个主要探测面均可进行扫查(例如,  $D > 500$  mm 的工件,内外表面细节相似,无堆焊层或焊缝包覆层等),则可仅设置单面缺陷(即实际双面探测;因试块探测面  $180^\circ$  翻转,原近侧缺陷可作为远侧缺陷测评)。

(8) 单侧探伤要设置两组缺陷:若因有障碍物妨碍,焊缝只能从焊缝轴线的一侧进行探测,则验证试块应含有两组缺陷,焊缝轴线两侧各设置一组缺陷(即单侧探伤时,要验证焊缝近侧和远侧缺陷的可探性)。若评定扫查过程中,对验证试块从焊缝轴线两侧均可进行扫查(即焊接接头细节相似,无障碍物妨碍),则仅需设置一组缺陷即可。

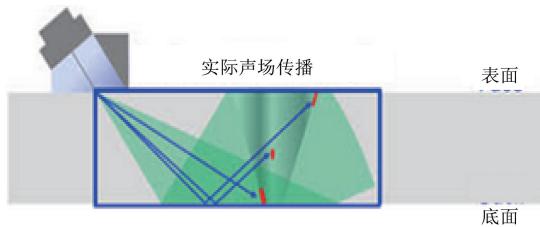


图 7 相控阵 UT 验证试块应用示例

ASME 规范第四章中出现的试块(Block)类型有:

① 校验试块 (Calibration Block, 一般手工 UT 用),分为:基本校验试块 Basic Calibration Block (包括非管型校验试块 Non-Piping Calibration Block) 与 管型校验试块 (Piping Calibration Block);代用校验试块 (Alternate Calibration Block)。② 对比试块 (Reference Block, TOFD 用),分为双层探对比试块 (Two Zone Reference Block) 和多层探对比试块 (Multiple Zone Reference Block)。③ 扫查器试块 (Scanner Block, 自动和半自动 UT 用)。④ 测定试块 (Determination Block)。⑤ 验证试块 (Demonstration Block)。

#### 4.2 评定数据

对验证试块应进行扫查,并按要评定的检测规

程,储存评定数据。这些评定资料以及观测图像显示必需使用的软件拷贝,应一起提交给检验员和用户。

#### 4.3 验收评判

(1) 缺陷定量和分类:缺陷应根据要评定的工艺规程进行定量和分类。

(2) 自动和半自动扫查缺陷定量分类验证合格标准:验证合格是指能将验证试块中的所有缺陷检出,并且符合下列三个条件:① 所记录的信号显示或成像长度超过规程规定的评判标准。② 缺陷尺寸测量值等于或大于实际尺寸(即长度和高度两者)。③ 缺陷分类正确(即能判明是表面缺陷或内部缺陷)。

(3) 补充的手动检测法验证合格标准:验证试块中的缺陷,可用规程中概述的、作为补充检测手段的手动检测法进行定量分类,只要自动或半自动扫查所记录的缺陷信号显示满足上述(2)①中的要求,或者是用于横向缺陷的检测验证。所谓手动验证合格,是指验证试块中的缺陷检测验证结果满足下列两条件:① 缺陷尺寸测量值等于或大于实际尺寸(即长度和高度两者)。② 缺陷分类正确(即能判明是表面缺陷或内部缺陷)。

### 5 结论

(1) 无论是基于制造产品质量验收条件的 UT,或是基于断裂力学验收条件的 UT,均须用计算机成像(CI 即 TOFD 或 PAUT)设备作自动或半自动 UT。手工 UT 仅作辅助检测(横裂检测和补充检测)。

(2) 按产品制造质量验收标准的 UT,是指根据缺陷定性表征(判定缺陷是否为裂纹、未熔合、未焊透、夹渣、气孔等)和缺陷定量(即测长)结果,对焊缝进行检测评定;按断裂力学验收标准的 UT,是指根据缺陷定型(即表面或内部)和定量(即长度和自身高度)结果,对缺陷进行分类和验收的检测,缺陷评定时应先定型(表面或内部),再划框评定(矩形评定)。

(3) 与两种验收标准相应的两种方法的 UT 工艺规程,除须满足 ASME 第 V 卷第 4 章通用 UT 的 21 项通用参数要求外,还须分别满足相应的特定要求 7 项(见表 2)和 6 项(见表 4)。

(4) 两种方法都要求预先作出扫查布图(Scan plan),包括被检焊缝坡口形状、尺寸,探头布置,声线示踪,覆盖范围等内容。这是 UT 规程和 UT 报告的重要内容。

(下转第 63 页)

该空速管进行检测,不可能实现对整圈加热丝一周焊接状况的检测,因为每一次透照只能检测每圈加热丝与射线束相切部位的这极少的部分。

### 3 X射线实时成像检测

X射线实时成像系统由X射线管、探测器阵列、机械扫描系统、数据采集处理单元、计算机图像处理存储传输系统、图像显示系统、机械运动系统组成。射线穿过被检物体后携带了物体内部的组成信息,在经过一个准直器后进入由核探测器及电子学系统组成的转换装置中,转换装置输出的信号大小和射入其中的射线强度有关。随后数据采集系统将采集到的信号进行AD转换和一定的预处理并输入计算机进行存储和后处理。经计算机处理后,在显示器屏幕上显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息,按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定,从而达到检测的目的<sup>[2]</sup>。

针对空速管这种产品的检测,X射线实时成像系统的功能优势主要在于其具有机械运动系统。在检测过程中,该机械运动系统可以方便地改变工件的相对位置,这样就可从任何方向、任何角度进行检测。虽然透照方法与X射线照相基本相同,有纵缝外透、内透法,环缝外透、内透法,双壁单影、双壁双影法,从理论上也只能确定与管壁内加热器相切位置的焊接情况;但是采用X射线实时成像系统,利用其机械运动系统,就可以通过转动空速管实现对其加热器整圈与管壁焊接情况的全部检测。

(上接第2页)

(5)两种方法都要求用轻薄型扫查器试块中的横孔调整检测灵敏度。试块厚度 $T=t/4$ 或6 mm(取两者中较小值)。灵敏度不低于等效的基本校验试块。

(6)在制检测,缺陷定量主要是测长;在用和特殊检测,缺陷定量主要是测长、测高。所用验证试块(Demonstration blocks)中设置的上中下3个实际平面型缺陷或电火花加工线槽,其高度尺寸应符合验收条件。

(7)断裂力学适用于工程临界评定。缺陷定量和数据分析,需根据缺陷显示,划框评定。对相邻缺陷,有同面归一和异面归一及归一后计长计高等处理细则。UT结果要绘图测评。

(8)新一代UT人员,不管是从事在制检测或从事在用检测或特殊检测,均需充分熟悉计算机成像UT设备系统的实际操作,试块试样的制作和应用,探头的

X射线实时成像检测法得到的数字图像是动态可调的,电压、电流等参数也实时可调,同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理,以得到最佳的静态图像。X射线实时成像系统还具有多幅图像叠加功能,减少了X射线漫反射等干扰因素对成像的影响,提高了系统发现缺陷的能力。已经有应用研究表明,X射线实时成像方法的灵敏度达到了照相法的水平,在有些零件的检测上比传统照相法有更高的检出率和灵敏度<sup>[3]</sup>。

利用X射线照相检测法检测单件空速管,所用时间在2.5 h左右;利用实时成像方法检测单件空速管,所用时间在10 min左右,时间缩短了90%以上。另外,实时成像方法在经济效益、远程传送及方便实用等方面都比照相法效果好得多<sup>[2]</sup>。

### 4 结论

通过对多种无损检测方法主要优缺点的简单分析后,得出X射线实时成像方法是检测空速管焊接质量的最直观、有效的方法的结论。该方法不仅可以实现每圈加热丝一周焊接状况的有效检测,还将使检测时间缩短90%以上。

#### 参考文献:

- [1] 郑世才.射线检测[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [2] 荆峰.X射线数字化实时成像系统在无损检测中的应用[J].无损探伤,2004,28(3):37-39.
- [3] 荆峰.X射线实时成像系统的应用[J].无损检测,2004,26(6):318-320.

选定和应用,扫查布图的绘制,检测工艺的编制和应用,系统软件和相关软件的应用,检测图谱的识别和评判等内容,并且做到对相关法规标准的融会贯通<sup>[5-7]</sup>。

#### 参考文献:

- [4] NARDONI G, CERTO M, NARDONI P. Sizing in phased array technique using diffraction and amplitude displacement [C] // 17th World Conference on Nondestructive Testing. Shanghai, China: [s. n], 2008: 25-28.
- [5] 李衍.超声相控阵检测技术系列讲座[J].无损探伤,2007,31(4):27-31.
- [6] 王悦民,李衍,陈和坤.超声相控阵检测技术和应用[M].北京:国防工业出版社,2014.
- [7] ASME SE-2491:2013 Standard Guide for Evaluating Performance Characteristics of Phased-Array Ultrasonic Examination Instruments and Systems [S].