

实践经验

T 型焊缝射线探伤方法

周海军

(武昌锅炉容器厂, 武汉 430208)

RADIOGRAPHIC INSPECTION OF T-SHAPE WELDED JOINTS

Zhou Haijun

(Wuchang Boiler and Container Works)

由于恶劣的使用环境和受力状态, 燃油锅炉 T 型角接焊缝的质量问题受到了人们的重视。因 T 型角接焊缝的形状复杂、尺寸变化大, 目前主要采用超声检测(UT)方法, 而射线检测(RT)方法难以得到满意的象质, 一般只能作为辅助手段。

现行 97 版《蒸汽锅炉安全技术监察规程》对燃油锅炉角接焊缝的探伤仅限于 UT 方法, 且内胆与管板连接处角焊缝的探伤比例为 50%。对此, 笔者认为该规定不够安全, 有两个问题值得商榷。

(1) 由于管孔的限制, 有些部位探头不能达到相应的移动距离, 因此, 仅用 UT 方法将会导致部分区域漏检。

(2) 实践表明, 在许多实际场合, 运用 RT 方法, 裂纹、未焊透、未熔合甚至气孔等缺陷均能够检出。因此必须采用 RT 方法对有关部位进行探测和复查。

下面结合我厂的检测实践, 就 RT 方法的实施工艺及其要求进行分析和介绍。

1 射线源和能量选择

1.1 管电压

420kV 以下的 X 射线透照不同厚度钢时所容许的最高管电压 $V_{\max} \leq (6T+100)\text{kV}$ 。

1.2 γ 射线源的透照厚度

γ 射线源的穿透厚度为 20~80mm。

1.3 照相质量

照相质量等级、照相范围和焊缝质量等级以及胶片和增感屏的选用, 按产品技术条件和有关规定, 由设计和使用单位根据产品的具体情况决定。

2 象质计

2.1 象质计型号

附表

mm

总厚度 T	应显示的象质计线径 d_{\min}	总厚度 T	应显示的象质计线径 d_{\min}
$6 \leq T \leq 10$	0.20	$25 < T \leq 32$	0.50
$10 < T \leq 16$	0.25	$32 < T \leq 50$	0.80
$16 < T \leq 25$	0.32	$50 < T \leq 80$	1.00

象质计的型号和底片上应显示的最细线径, 视透照厚度确定如附表。

2.2 象质计位置

象质计通常应在被检焊缝射源侧表面, 其最细丝应置于离焊缝透照区端部约 20mm 的位置, 并使金属丝垂直于焊缝轴线并紧贴焊缝。象质计也可放在胶片一侧对准焊缝的母材表面, 此时象质计上应附有铅质标记“F”, 象质计的显示线径为对比试验按附表所示的数值乘上 1.25 倍。

2.3 周向曝光时的象质计位置

采用周向曝光技术时, 象质计的放置同上, 但可每隔 90° 放一个。

3 透照条件及方法

3.1 透照布置

射线源、被检工件以及装有 X 射线胶片和增感屏的暗盒在透照时按下列方式布置。

3.2 几何条件

3.2.1 射线源至工件表面距离 L_1

L_1/d 与工件表面至胶片距离 L_2 的关系如下

$$L_1 \geq 10dL_2^{\frac{2}{3}}$$

式中 d ——射线源有效焦点尺寸

3.2.2 T 型焊缝的透照厚度比 K

T 型焊缝的透照厚度比为

$$K = \frac{T}{T_1 + T_2} = 1.1 \sim 1.4$$

K 值随 θ 角增大而增大(如图 1,2),一般 θ 在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 范围内。双面焊时(图 1), θ 角应 $\geq 30^\circ$,单面焊时(图 2), θ 角应 $\leq 45^\circ$ 。

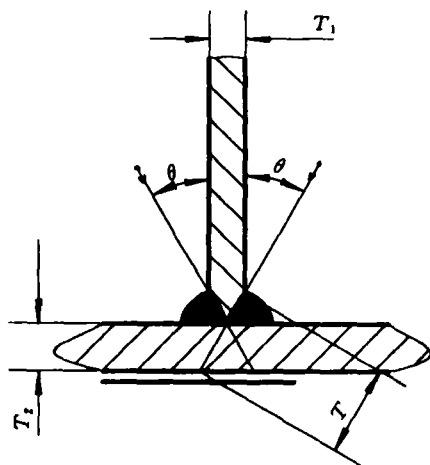


图 1

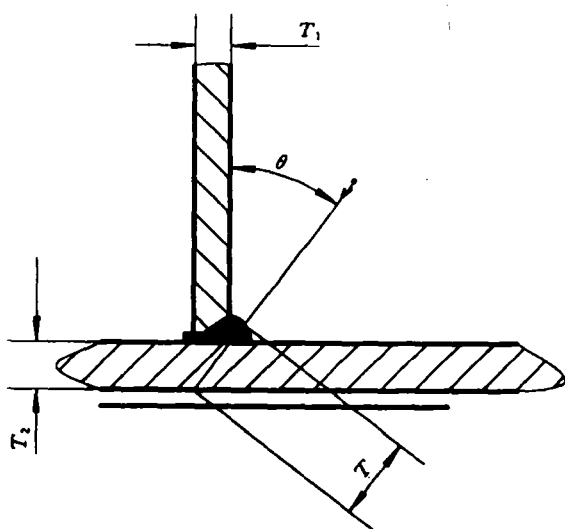


图 2

3.3 T 型焊缝透照计算

3.3.1 T 型环缝周向透照法

射源向内平移距离的计算公式为(图 3)

$$S = \frac{1}{2} D \tan \eta$$

式中 D ——环缝圆周外径

η ——周向射源辐射角的一半

3.3.2 T 型环缝外透法

透照次数 N 和一次可检长度 L_3 的计算公式为

$$N = \frac{180^\circ}{\alpha - \eta}$$

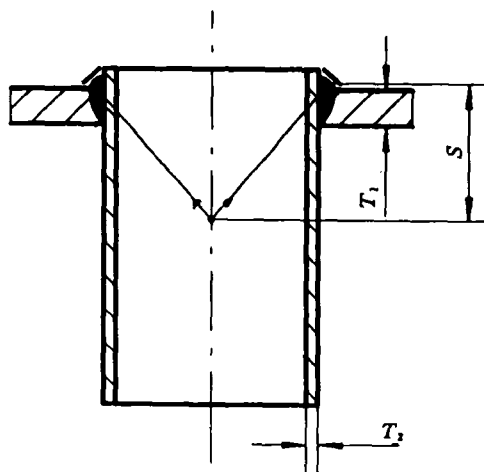


图 3

$$L_3 = \frac{\pi D}{N}$$

式中 α ——最大透照失真角

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{T(K^2 - 1)}{DK}$$

η ——有效半辐射角

$$\eta = \sin^{-1} \left(\frac{D}{2L_1 + D} \sin \alpha \right)$$

D ——环缝圆周外径

K ——透照厚度比

T ——透照厚度

L_1 ——射源至焊缝表面的距离

3.3.3 T 型纵缝透照法

T 型纵缝一次有效透照长度的计算公式为

$$L_3 = \frac{2(L_1 + T) \sin \eta}{\cos(\theta - \eta)}$$

3.4 标记

(1) 被透照的每件焊缝边缘至少 5mm 处应贴上工件编号、焊缝分类号、部位编号、中心标记、搭接标记和日期等铅质标记。返修复照部位还应附有返修次数标记。为便于识别焊缝,还可用铅字或铅丝放在距焊缝两侧边缘 5mm 处。

(2) 对作为整体参考点的编号应打上低应力钢印,以便永久保存和复查。其余编号可用色笔等标明,且在整个检验周期内始终保留在工件表面。

3.5 屏蔽

(1) 为减少散射线的影响,应采用适当的屏蔽方法限制受检部位的照射面积。

(2) 由于 T 型焊缝透照厚度差大,必要时可采用补偿楔块,以减小厚度差。

3.6 曝光参数

(下转第 521 页)

般接触比为 1.6, 现在超过 2.0, 因此当掉了一个齿时, 接触比 >1.0 。

齿损和齿隙综合失效模式绘于图 9, 声发射发生在与输出轴频率相应的固定间隔中。转速为 $5s^{-1}$ 时, 信号持续时间在 15~25ms 之间; 转速为 $10s^{-1}$ 时, 持续时间在 12~19ms 之间。持续时间延迟的原因是轮齿撞击后, 齿轮的前导面和滞后面又振动一定的时间。这种振动在加大齿隙的情况下将会延长。

总之, 上述各种失效和综合失效模式使所测的声发射信号的持续时间比无磨损齿的要长。其原因可能是磨损齿不再有渐开线齿形。轮齿的间隙也由于轮齿材料的磨掉而增大, 这就以与齿隙增大相同的方法影响声发射。

下列因素也会对齿轮箱的声特性变化产生影响

- ① 某些失效模式不规则地出现(即轮齿磨损、咬合不均)。
- ② 齿轮箱经常修复, 改变了失效模式。
- ③ 载荷的波动。
- ④ 润滑形式(齿轮由于离心力作用在高

(上接第 493 页)

面的锈蚀和油、泥污染, 超声信号受到散射和衰减影响, 削弱回波, 使检测变得不稳定。将 220V 交流电经倍压整流获得 800V 直流电, 雪崩晶体管形成高能激发信号, 超声测厚探头获得的回波具有较高的信噪比。测厚软件滤除局部细微缺陷和一次外表面回波的振荡波对测量结果的干扰。

4 应用结论

钢管高速检测系统通过长期实验并在油田和工厂应用达 4a 多, 检测了 49 万多根采油管和钢管。可靠检测出各种钢管内外壁及内部各种裂纹、通孔、麻点、凹坑、壁厚不均匀和磨损槽等缺陷。检测速度为 25~45m/min, 检测工件直径为 50~200mm, 检测灵敏度外壁不劣于 10% 管壁厚度, 内壁不劣于 12.5% 管壁厚度, 检测壁厚误差为 $\pm 0.08\text{mm}$ 。系统特别适合在钢管生产线上进行质量监测、分析、建档和统计。

参 考 文 献

- 1 何辅云, 赖志荣. 漏磁检测原理的研究. 合肥工业大学学报(自然科学版), 1994, 3(1): 28~32
- 2 Friedrich Forster. New results of NDT by the MFL method. NDT International, 1971, 4(4): 254~259
- 3 赵凯华等. 电磁学. 第 2 版, 北京: 高等教育出版社, 1985.

收稿日期: 1998-05-25

速运转时失去某些润滑功能)。

然而, 将声发射特性与齿轮失效模式联系起来所进行的研究是成功的。

4 结论

总的说来, 声发射检测结果对各种失效模式具有鉴别能力。观测到与分立失效和累积失效相关的分立噪声特性和用声发射分析所得的一致结果可检测齿轮箱的各种失效模式。将来这种检测设备和方法在检测机械失效中的运用可能很多, 而主要用于在线监测和作为预防性维护工具。

参 考 文 献 (略)

刘治刚译自 Materials Evaluation 1997(2): 183~187 袁振明 校

收稿日期: 1998-05-18

(上接第 513 页)

应根据设备、胶片和增感屏选用适当高的管电压和曝光量进行透照。以获得符合黑度和象质计灵敏度等技术要求的曝光曲线, 并以此选择曝光规范。

4 合格底片的条件

- (1) 无冲洗和操作所引起的伪象以及胶片自身的缺陷。
- (2) 标记和标识齐全, 象质计摆放正确。
- (3) 焊缝有效评定区内的黑度应在 1.0~4.0。
- (4) 象质计灵敏度与象质等级和壁厚相对应。

5 结束语

作者近年来的研究工作和实际经验表明, 按照以上 RT 方法的实施工艺及其要求进行检测, 裂纹、未焊透、夹渣和气孔等缺陷影象(影象是变形的)在底片上均可辨认, 只是由于母材厚度差的关系, 检测灵敏度不是很高。

鉴于 RT 方法在我厂的成功应用, 因此本文竭力推荐使用 RT 方法作为对 T 型角接焊缝质量复查的基本手段。

根据本文介绍的实施工艺及其要求, 结合我厂的具体情况, 我们起草了企业标准 WCG J04 0601—94《燃油锅炉 T 型焊缝射线探伤标准》, 该企业标准于 1994 年 6 月报劳动部职锅局审查并得到批复。

收稿日期: 1998-02-10