

焊缝余高裂纹超声波检测

钱 灏

江南造船(集团)有限责任公司 上海 201913

摘要:为保障PCTC系列船舶产品焊接质量,需对一部分甲板对接焊缝进行无损检测工作,包括超声检测、射线检测和磁粉检测,涉及DNVGL-CG-0051-2015无损检测体系。对于常见的气孔、夹渣、裂纹、未熔合和未焊透等缺陷,在船舶建造中将裂纹、未熔合和未焊透缺陷评为危害性缺陷,特别是裂纹对焊接质量影响很大,焊缝中裂纹的产生也常常伴随WPS规范未严格执行,WPS规范严格执行,焊缝中的常见的裂纹是可以避免。超声检测对裂纹检出率比较高,对于焊缝余高中的裂纹,认真严谨区分底波和裂纹产生的反射波特性,分析波形、深度和水平,发现焊缝余高中的裂纹将变的简单。

关键词: 超声检测; 余高裂纹; 波形

1 背景

在对PCTC系列船舶H2659船3甲甲板对接焊缝进行超声波检测,在进行平行扫查时发现一处长50mm波高 $\Phi 3 \times 40 + 3\text{dB}$ 的缺陷,初步判定焊缝余高中的裂纹,经表面打磨和磁粉检测,确定为焊缝余高中的裂纹,具体形状见图1。



图1 磁痕显示为裂纹

H2659船3甲甲板对接焊缝母材材质均为AH36,母材厚度12mm坡口形式见图2,焊接方式为陶瓷衬垫二氧化碳气体保护单面焊+埋弧自动焊,焊缝填充焊丝型号为GFL-71和GLES-40,检测标准ISO 17640-2018验收标准ISO 11666-2018,标准试块CSK-IA,对比试块RB-2,检测灵敏度 $\Phi 3 \times 40 - 14\text{dB}$ 。

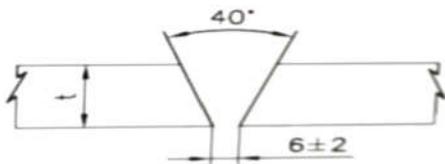


图2 焊接坡口形式

发现过程为对3甲甲板对接焊缝进行超声波检测,检测面为埋弧自动焊盖面层两侧,采用A型脉冲反射法,CTS-9009探伤仪,使用4MHz 9×9 70°斜探头进行平行扫查时,发现有一超标波幅,深度在12~14mm水平位置在焊缝中见图3。对焊缝两侧进行平行扫查,波形所显示的深度和水平位置均在同一位置,且在焊缝中心,判定该

波幅为缺陷波。通过绝对灵敏度测长法进行测长,测量长度约50mm,波高 $\Phi 3 \times 40 + 3\text{dB}$ 判定不合格。对缺陷波形分析,波形尖锐,左右转动波形降低幅度大,缺陷波形与裂纹波形相似,同时通过对焊缝打底层外观观察,该处进行过修补补焊,初步判定该处缺陷可能为焊缝余高中裂纹。为了验证该处缺陷为裂纹,对焊缝打底层表面进行打磨,将余高打磨2~3mm后进行磁粉检测,发现了一条磁痕显示,通过对磁痕观察,判定该磁痕为裂纹显示见图4。



图3 缺陷波形显示

图4 裂纹的磁痕显示

此时作为无损检测人员,需要无损检测人员具有丰富的理论和实践经验及熟练的操作技艺,同时还要具备高度的责任心,在检测每个工件时,都必须先了解焊接工艺方法和易产生缺陷的部位,并对出现的反射波形具有综合分辨能力,只有这样才能保证被探工件内部质量。通过较长期的实践,我们摸索出检测焊缝余高中裂纹缺陷的一些方法。

2 裂纹分析

根据船舶焊接质量要求,将裂纹、未熔合和未焊透定义为危害性缺陷,特别是裂纹对焊接质量影响很大。船舶焊缝中常见的裂纹主要有冷裂纹和热裂纹,其危害性不言而喻,特别是对于一些结构受力件,长期使用将

严重影响产品质量。根据裂纹在焊缝中的走向不同,又将裂纹分为纵向裂纹和横向裂纹。同时又因裂纹分布于不同区域,分为在焊缝中、焊缝余高中和焊缝母材热影响区。裂纹产生原因主要和结构内应力集中有关,其次焊接环境湿度、焊条湿度大(氢致裂纹)以及WPS工艺执行情况。

3 超声波检测

超声检测是指超声波与工件相互作用,就反射、透射和散射波进行研究,对工件进行宏观缺陷检测、几何特性测量、组织结构和力学性能变化的检测和表征,并进而对其特定应用性进行评价的技术^[1]。

3.1 仪器及试块

仪器:超声波探伤仪CTS—9009

试块:IIW标准试块、RB-II对比试块

3.2 探头频率的选择

根据被检件材质为AH36,母材厚度12mm,焊缝填充焊丝型号为GFL-71和GLES-40,被检焊缝为普通钢,不存在粗晶粒材质,根据DNVGL-CG-0051-2015无损检测体系和H2659船超声波检测工艺规程,频率选用2-5MHz,在检测过程中,双晶直探头频率我选用4MHz,斜探头频率我选用4MHz。

3.3 检测角度的选择

常规超声波检测主要使用横波斜探头和纵波直探头,根据每种超声波探头特性及检测缺陷类型,选用不同类型探头及角度。

根据H2659船超声波检测工艺规程要求,在实际检测中我选用了45°、60°和70°三种角度探头进行,纵向缺陷检测使用45°、60°和70°,横向缺陷检查主要使用45°。

3.4 探头晶片选择

根据H2659船超声波检测工艺规程要求,探头晶片尺寸的大小选用了9×9的晶片尺寸。

3.5 扫查方式

根据H2659船超声波检测工艺规程要求,在对接焊缝两侧采用平行扫查和斜平行扫查。

3.6 扫查检测灵敏度

按照H2659船超声波检测工艺规程要求,标准试块选用IIW试块,对比试块选用了RB-II试块。纵向缺陷以 ϕ 3-14dB作为扫查基准灵敏度,横向缺陷扫查时灵敏度再增加6dB,表面补偿加4dB,以此作为扫查灵敏度^[2]。

4 裂纹检测

我们把缺陷分为点状缺陷、线状缺陷和面状缺陷(裂纹、未熔合)。显然,反射体形状不同,超声波反射特性必然存在一定的差异,反过来,通过分析反射波、缺陷位

置、焊接工艺等信息,就可以推测缺陷的性质。

裂纹具有较强的方向性,当声束与裂纹垂直时,回波高度较大,波峰尖锐,探头转动时,声束与裂纹角度变化,声束能量被大量反射至其他位置而无法被探头接收,回波高度急剧下降,这一特性是判定裂纹的主要依据。检测过程中焊缝余高中裂纹的判别可以按以下步骤:

1) 分别在焊缝两侧进行平行扫查;

2) 发现靠近表面的缺陷波形显示后,找到最高波,并在焊缝上做出标记,然后在焊缝另一侧做同样的扫查,判定标记位置两侧反射波形所显示的深度和水平位置是否在同一位置,特别是在焊缝中心位置的反射波形,确定是否为缺陷回波,而不是焊缝表面形状引起的反射波。

3) 确定缺陷回波后,定出缺陷的具体位置,在缺陷两端采用端点反射法,利用包络图的包络线突变,分析包络线;探头围绕缺陷位置做环绕扫查;环绕扫查时回波高度基本相同,变化幅值不大,其动态波形如图5所示,则可以判定其为点状缺陷;若环绕扫查时其动态波形如图6或图7所示,结合静态波形,可判断为裂纹,在条件允许的情况下可用同样的方法到焊缝背面扫查确认。

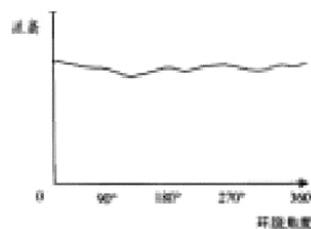


图5 动态波形图

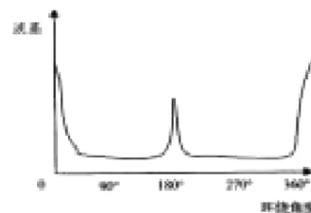


图6 动态波形图

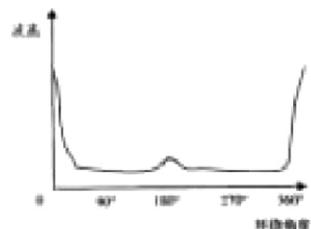


图7 动态波形图

4) 了解焊缝的焊接方式、焊接方法,分析可能产生的缺陷。

5 验过程中的注意点

为了避免漏检或错检,检验人员在检验中应当注意以下几个方面:①严格执行WPS规范。确保所有焊接操作严格按照焊接工艺评定(WPS)进行,避免因工艺不当导致的焊接缺陷。②焊接环境控制。控制焊接环境的温度和湿度,避免因环境因素导致的焊接缺陷,如裂纹和气孔。③焊接材料与设备检查。使用符合标准的焊接材料,避免因材料质量问题导致的焊接缺陷。④焊接参数控制。严格控制焊接参数,确保焊接过程稳定,避免因参数不当导致的未焊透和未熔合等缺陷。

当我们用常规超声波扫查时,横向缺陷的波回波较高、反射强烈,通过相控阵、TOFD检测技术测出其自身高度,判断出其为面积型缺陷。

6 缺陷定位

超声检测通过测量超声波的传播时间和路径来计算缺陷的位置;射线检测通过分析射线图像上的影像位置来确定缺陷的位置;磁粉检测通过观察磁粉在缺陷处的聚集情况来确定缺陷的位置。为了更准确进行消缺,在消缺过程中应当注意一下问题。定位方面,由于工件结构、超声波扩散角、表面几何误差等因素,超声波仪器上的显示往往不一定是准确的,我们应该根据上述因素,综合判断其真实的水平位置和深度。根据具体的检测需求和方法,选择合适的计算公式和方法,确保准确定位缺陷,保障焊接质量。通过超声波反射信号的异常变化来定位气孔,通常表现为小而分散的反射信号。夹渣通常表现为不规则的反射信号,可以通过扫描焊缝区域来定位。裂纹通常表现为尖锐的反射信号,且信号强

度较高,可以通过扫描焊缝区域来定位。未熔合通常表现为连续的反射信号,且信号强度较高,可以通过扫描焊缝区域来定位。未焊透通常表现为底部反射信号的异常变化,可以通过扫描焊缝区域来定位。

结语

超声波检测方法是检出焊缝裂纹的有效手段之一,但是对于焊缝表面或者焊缝余高中的缺陷,检测者很容易将焊缝表面的反射波高与缺陷波高混淆,特别是表面裂纹和焊缝余高中的裂纹。实际裂纹性缺陷断面形状比较复杂,尖端形状、大小和方向多变,存在许多对超声产生散射的小圆面和小棱边,超声波在裂纹表面的声波反射率必将低于光滑平整表面。但是随着裂纹面积的增大,其缺陷表面的粗糙度将降低,裂纹的反射波幅高度也将增高,因此大的裂纹是容易发现,检测较准确。

合理利用超声波检测方法,选择正确的参数、合适的扫查方式,区分焊缝表面波和缺陷波,掌握裂纹的静态和动态波形特点,合理分析是能够有效的判别裂纹。我们还需要掌握现场焊缝的焊接工艺、修补工艺和焊缝表面状况,以及无损检测工作者的丰富工作经验和一丝不苟的工作态度,只有这样才能使焊缝表面或者焊缝余高中的裂纹检出率提高。

参考文献

- [1]史亦韦.超声检测[M].北京:机械工业出版社,2008:45-53.
- [2]郑辉,林树青.超声检测[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2008:156-168.