

# 横向裂纹超声波检测

张 凯

江南造船（集团）有限责任公司 上海 201913

**摘 要：**为保障船舶产品焊接质量，需对船舶焊缝中常见的焊接缺陷有深入的了解，特别是对于常见的危害性缺陷，要了解产生原因和存在形式。对于焊缝常见得危害性缺陷裂纹，裂纹分为横向裂纹和纵向裂纹，常规超声波扫查方式容易发现纵向裂纹，对于焊缝内部的横向裂纹常规超声波扫查方式难于发现<sup>[1]</sup>。针对角焊缝横向裂纹，采用超声波探头放置焊缝上骑焊缝扫查，这种方式使超声波传播声束与横向裂纹垂直，更加有利于发现横向裂纹，从而提高了焊缝横向裂纹检出率。超声波骑焊缝扫查方式更加有利于发现横向裂纹，以此保障焊缝焊接质量。

**关键词：**焊缝；横向裂纹；斜平行扫查；声速

## 1 背景

我无损检测科室对H2645船602分段止浮装置全焊透角焊缝进行超声波检测，通过对角焊缝进行横向缺陷检测时，发现角焊缝中有许多横向缺陷。

H2645船602分段止浮装置全焊透角焊缝，母材材质均为DH36，母材板厚24mm，焊缝为T型角焊缝，坡口见图1，焊接方法为二氧化碳气体保护焊，焊缝填充焊丝型号为GFL-71。发现过程为对602分段止浮装置全焊透角焊缝进行超声波检测，在使用4MHz 9×9 45°斜探头检测横向缺陷，探头在焊缝的余高上沿焊缝扫查，发现焊缝中有很多缺陷波，横向缺陷有一定长度。利用探头围绕缺陷进行环绕扫查，通过分析缺陷波形及动态变化波形，初步判断该横向缺陷为横向裂纹。本次问题产品共涉及H2645船602、604、607分段，均为止浮装置全焊透角焊缝。

为了更好验证自己的判断，首先对焊缝表面进行磁粉检测，未发现焊缝表面有横向缺陷，然后对焊缝中有缺陷的部位进行精准打磨，精准打磨后进行磁粉检测，发现缺陷对应部位有横向的磁痕显示<sup>[4]</sup>。结合横向缺陷波形显示，及动态波形变化，再加磁粉检测结果，判定H2645船602分段止浮装置全焊透角焊缝中有大量横向裂纹见图2。

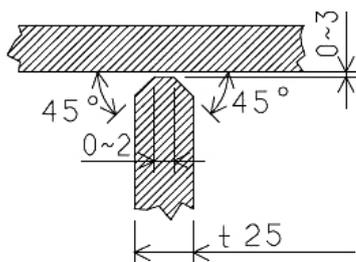


图1 坡口图纸



图2 横向裂纹

对于如何检测横向缺陷，没有明确哪种超声波扫查方式，横向缺陷扫查方式主要有斜平行扫查和骑焊缝扫查。对于斜平行扫查，超声波声束与焊缝成小于15°的夹角扫查，这种扫查方式对于横向裂纹检测来说，漏检率高。对于骑焊缝扫查方式，超声波声束与横向缺陷垂直，检出率更高，但是对于焊缝表面状态要求高，如果表面凹凸严重将影响超声波探头与焊缝的接触，影响超声波声束的传播。无损检测人员对于每份标准及其规范理解会出现一些异议，特别是对缺陷定性，容易造成对缺陷的漏检<sup>[1]</sup>。

## 2 裂纹分析

根据船舶焊接质量要求，将未熔合、未焊透和裂纹定性为危害性缺陷，特别是裂纹。焊缝中常见裂纹为冷裂纹和热裂纹，其危害性不言而喻，特别是对于一些结构受力件。焊接中将裂纹分为冷裂纹和热裂纹，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、

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）。

### 3 超声波检测

#### 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DH36，母材厚度25mm，焊缝填充焊丝型号为GFL-71，被检件为普通钢，不存在粗晶粒材质，根据H2645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3.5 MHz，斜探头频率我选用4 MHz。

#### 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。焊缝中出现的裂纹属于面状缺陷和焊缝表面垂直或成一定角度，对于纵波直探头，其主要检测与检测面平行的缺陷，对于横向裂纹纵波直探头很难检测。为了保证超声波声束与被检查缺陷尽可能垂直，以此获得最大缺陷回波，根据裂纹分布情况，选用45°横波斜探头具有声束集中、超声波往返声程小和声波衰减小等特点，对于横向裂纹检出率高。由于焊缝表面凹凸等原因，裂纹分布不同区域，另外再选用70°以此辅助扫查。

根据H2645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H2645船超声波检测工艺规程要求，探头晶片尺寸的大小应根据超声波路径和频率来选择见表1。

表1 材料厚度及对应的晶片尺寸

材料厚度T (mm)	晶片尺寸 (mm)
10-30	8×9
25-80	14×14
T > 50	20×22

根据申请表格提供的被检件母材厚度，选用了9×9的晶片尺寸。

#### 3.5 对角焊缝进行扫查

对于船舶焊接件，常见焊接缺陷有夹渣、气孔、未焊透、未熔合和裂纹，在焊缝中主要以体积型和面积型存在。针对这种情况，主要使用图3的扫查方式对角焊缝进行检测，检测面选用了腹板两侧。对于与焊缝轴线垂直的横向缺陷的检测，特别是角焊缝横向裂纹图3的扫查

方式容易造成对缺陷的漏检。图3的扫查方式对于横向裂纹，横波斜探头的入射声束很难保持主声束与横向裂纹始终保持尽可能垂直最佳状态。针对这一问题，采用骑焊缝扫查，使入射声束便于探测横向裂纹如图4所示，使横波斜探头骑焊缝扫查，横波斜探头来回往复两个方向扫查。

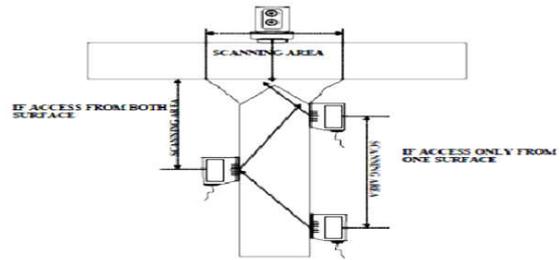


图3

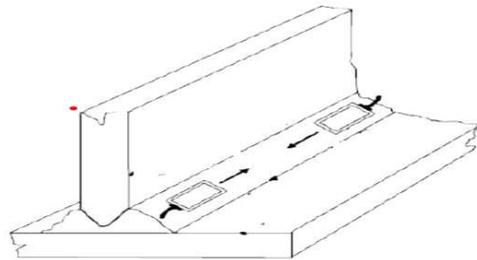


图4

#### 3.6 扫查检测灵敏度

按照H2645船超声波检测工艺规程要求进行调节，标准试块选用IIW试块，对比试块选用了RB-II试块。对于横向裂纹扫查灵敏度，以 $\phi 3-14\text{dB}$ 作为扫查基准灵敏度，然后在扫查灵敏度基础上提高6dB，表面补偿加6dB，以此作为最终扫查灵敏度<sup>[2]</sup>。

#### 3.7 其他注意事项

对于超声波横向裂纹检测，在斜探头使用平行法检测时，要做到探头与焊缝表面接触良好，由于角焊缝表面不允许打磨，此时应该使用浓度较高的耦合剂，使耦合剂尽可能长时间停留在焊缝表面，耦合剂充分保证超声波声速入射到焊缝内部；在超声波横向裂纹检测过程中要保证整个焊缝内部被声速覆盖，我此时选择将被检焊缝分为上检测面、中线检测面和下检测面，分区域检测，防止漏检。

#### 4 横向裂纹的判别

根据缺陷形状，将焊缝中的缺陷分为体积型（线状缺陷）和面积型。缺陷形状不同，超声波反射特性也将不同，由于超声波反射特性不同，缺陷回波在超声波检测仪器中的波形显示也将有很大差异。无损检测人员通过仪器显示屏分析缺陷回波波形、缺陷在焊缝中的位

置、以及焊接工艺等信息，再加上无损检测人员工作经历，对于缺陷的定性不再困难。

对于角焊缝横向裂纹，具有较强的方向性，入射声束与裂纹垂直时，显示屏回波声压大，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，这一特性是判定横向裂纹的主要依据。检测过程中横向裂纹的判别可以按以下步骤：

- 1) 在检测灵敏度下将探头放在的焊缝上扫查；
- 2) 发现横向显示后，找到最高波，确定是否为缺陷回波；
- 3) 定缺陷回波后，定出缺陷的具体位置，并在焊缝上做出标记；
- 4) 探头围绕缺陷位置做环绕扫查；

在探头围绕缺陷做环形扫查时，回波高度基本相同，变化幅值不大，则可以判定其为点状缺陷；若环绕扫查时其动态波形如山峰形状变化，再结合静态波形，可判断为横向裂纹，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。

在条件允许的情况下，为了更加准确展现602分段止浮装置全焊透角焊缝横向裂纹，使用超声波对横向缺陷进行精准定位，现场使用打磨的方式，打磨到一定深度进行磁粉检测，磁粉检测可以很好的将横向裂纹展现出来见图5。



图5 横向裂纹磁粉检测

检测难点分析：

1) 扫查灵敏度不够，如果根据工艺规程要求，在DAC曲线的基准灵敏度下扫查，但是焊缝表面粗糙度比

想象中的复杂，表面太过粗糙，严重影响探头与焊缝的接触，直接导致超声波声束的传播，造成横向裂纹回波信号小，直接影响横向裂纹的检出率。

2) 焊缝表面太粗糙，平时使用的耦合剂要像稀薄一些，表面耦合不良，在骑焊缝扫查时应该使耦合剂浓稠，使耦合剂在焊缝表面停留时间长，利于超声波探头耦合。

3) 超声波扫查速度过快，容易造成信号丢失，发现可疑信号立即降低速度，反复扫查找最高反射波。

4) 对于横向缺陷显示信号判断失误，误认为超声波检测横向缺陷漏检案例分析是小气孔或夹渣。

5) 横向裂纹的波形存在特殊性：如果声束垂直于裂纹的主平面，波形尖而高，声束与裂纹主平面存在夹角，回波可能是宽而低的显示，这种回波波形很容易让操作者出现误判。

## 5 结论

(1) 对于角焊缝中的横向裂纹检测，超声波检测方法简单有效，选择合适的检测探头、正确扫查方式、合理的检测参数，结合横向裂纹的回波静态和动态波形图特性，无损检测人员能够准确判别横向裂纹，这种检测方法在船舶行业中得到广泛应用，该种检测方法可以保证焊接质量。

(2) 无损检测人员在焊缝检测中一旦发现横向裂纹，就应该向相关部门反映情况，在焊接工艺方面考虑原因，只有从源头杜绝裂纹的产生，才能彻底保证焊接质量。

## 参考文献

- [1]DNVGL-CG-0051-2015 无损检测
- [2]DNVGL- CG-0051 edition December 2015, Class Guide-line Non-destructure testing
- [3]BS EN ISO 17640 焊缝无损检测 超声波检测技术，检测等级和评估
- [4]NS EN ISO11666焊缝无损检测 超声波检测 验收等级