

5Ni钢焊缝超声波检测异常反射波分析

孙宝民 陆凯

【摘要】某厂5Ni钢大规模焊接产品，验收超声波探伤检测时发现在焊缝熔合线与钢材厚度方向偏中心位置，断断续续有异常回波产生，并且回波峰值超常。验收部门验收不合格，引发大批产品不合格，产生纠纷。针对该现象，采取宏观检查，金相观察，能谱分析等方法进行分析。结果表明，因焊接施工操作不当，使焊材熔敷金属与5Ni钢在熔融时冷却的时间产生异样，导致焊缝内局部区域存在母材金属，隔离了焊缝的连续性，在超声波探伤时产生了声阻抗反射波现象。

关键词：5Ni钢；焊接缺陷；金相分析；能谱分析

1. 概述

随着天然气（LNG）在全球消耗量的持续增长导致开采量井喷式急剧增长，国内外相续不断建造大型LNG储存设施。目前大型低温储罐和压力容器镍钢基本取代了Ni-Gr不锈钢成为建设LNG低温储罐的主要材料，有效的焊接对于LNG储罐的安全和可靠性是非常关键的，而焊缝的检测则是保证焊缝质量的关键。

本文所述的超声波探伤在焊缝区域有异常回波现象的焊接接头是某型号液罐上使用的X12Ni5钢板的对接接头。在施焊完毕后，接头经100%超声探伤（UT）及射线探伤（RT），发现焊接试板在超声波探伤时，有异常反射波且均超标，但经X光射线拍片底片未发现任何缺陷，且该现象为陆陆续续产生。通过

在超声探伤有异常回波的位置采取宏观检查、金相观察、能谱分析等方法，分析了超声波探伤时产生回波的原因。

5Ni钢焊接接头采用X形坡口，反面清根，双面焊。样品的形貌如图1所示，我们对图中焊缝标注异常区域进行了分析。

缝标注异常区域进行了分析。

2. 焊接接头检测

（1）宏观金相检测超声波探伤 根据超声波检测缺陷标识位置，截取焊缝低倍试样，焊缝低倍试样的取样位置如图2所示。每个焊接试样按图中标注的

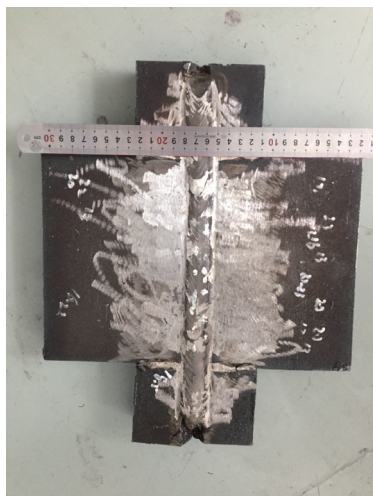


图1 送检试样的宏观形貌



图2 低倍试样取样位置

方向定义为上剖面和下剖面， a 为上剖面， b 为下剖面。试样经磨床磨光后，根据GB/T 226—1991标准进行冷酸侵蚀，试样的低倍组织形貌如图3~图7所示。

根据GB/T 6417.1—2005标准对焊缝试面进行评定，所检试面焊缝与母材熔合良好，未见焊接缺陷。

(2) 微观金相检测 分别按委托者提供的异常位置截取3#、4#金相试样，取样位置如图8、图9所示。试样经镶嵌、磨抛、化学侵蚀后，置于显微镜下观察，3#试样的焊缝内可见与母材金属一致的显微组织，母材的显微组织形貌则存在偏析现象；4#试样的焊缝内可见与母材金属

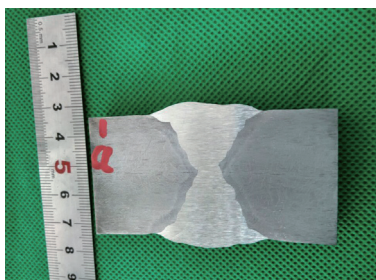


图3 1#试样上、下剖面焊缝低倍组织的宏观形貌

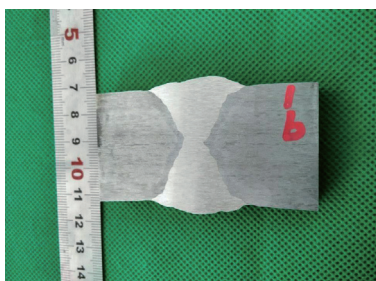


图5 3#试样上、下剖面焊缝低倍组织的宏观形貌

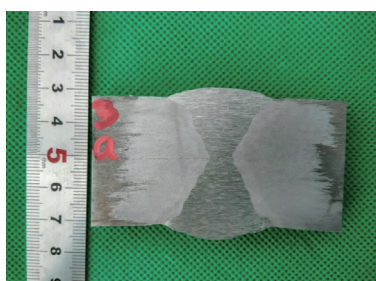
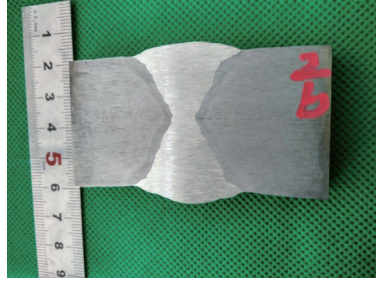


图6 4#试样上、下剖面焊缝低倍组织的宏观形貌

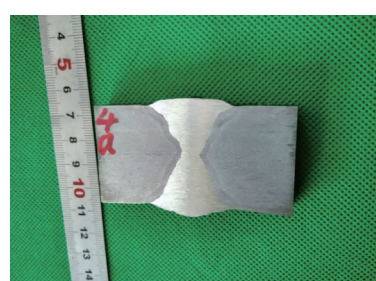


图8 3#金相试样的取样位置

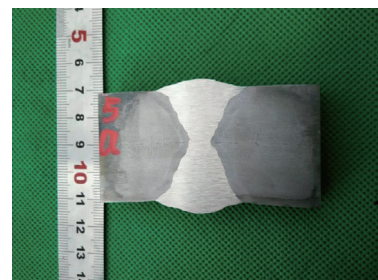


图9 4#金相试样的取样位置

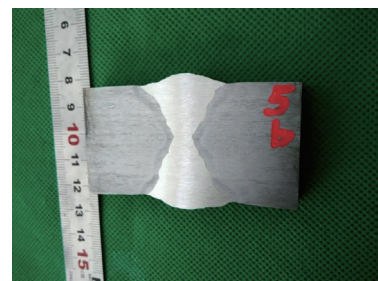


图10 3#试样焊缝区域剖面侵蚀态形貌

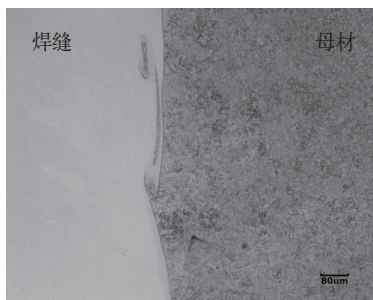


图11 3[#]试样焊缝区域剖面侵蚀态形貌

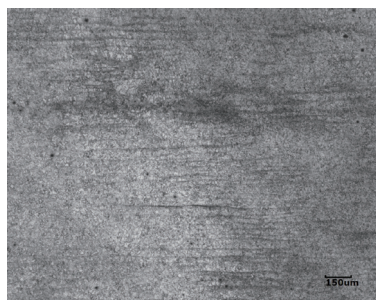


图16 4[#]试样基体显微组织形貌

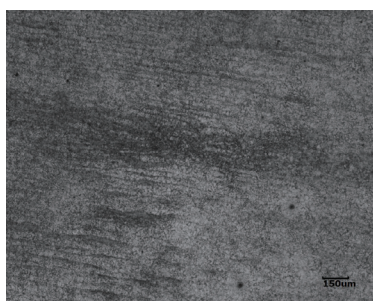


图12 3[#]试样基体的显微组织

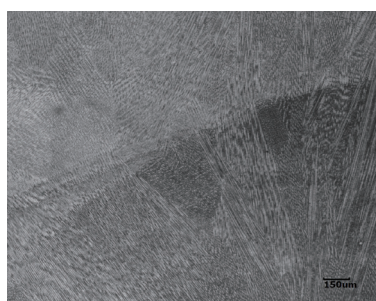


图17 4[#]试样焊缝显微组织

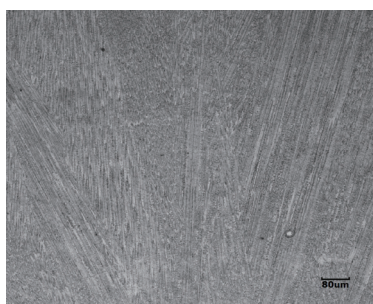


图13 3[#]试样的焊缝显微组织

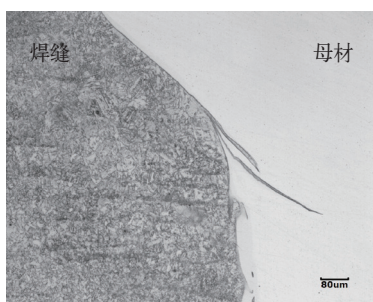


图14 4[#]试样焊缝区域剖面侵蚀态形貌

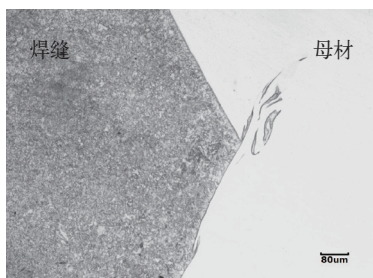


图15 4[#]试样焊缝区域剖面侵蚀态形貌

由此可见, 3[#]试样的焊缝金属具有一定的Cr元素及相当规模的Ni含量, 而母材金属的Ni含量较焊缝金属Ni的含量低, 只在4.0%~5.0%之间, 而在焊缝中异常存在的金属组织的能谱分析结果与母材金属接近, 4[#]试样与3[#]的分析结果一致。

3. 结语

(1) 截取探伤异常区域的焊接低倍试样, 低倍组织未见焊接缺陷。

(2) 金相检测显示在焊缝内存在异常金属组织与母材金属显微组织一致的显微组织。

(3) 能谱分析结果表明, 焊缝内异常组织所含元素与母材金属元素一致。

综上可知, 超声波探伤发现焊缝异常原因是焊缝内局部区域存在母材金属, 隔离了焊缝的连续性, 在超声波探伤时产生了声阻抗反射波现象。

参考文献:

- [1] 张文钺. 焊接物理冶金[M]. 天津: 天津大学出版社, 1991.
- [2] 陶达天. 金相检测实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [3] 杨川, 等. 金属材料零部件失效分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.

作者简介: 孙宝民、陆凯, 上海船舶工艺研究所。

MW 20170812

能谱分析结果						
元素	3 [#] 焊缝	3 [#] 母材	3 [#] 异常	4 [#] 焊缝	4 [#] 母材	4 [#] 异常
Si	0.68	0.19	0.45	0.62	0.36	0.47
Mo	2.07	—	—	1.97	—	—
Cr	18.82	—	—	17.55	—	0.63
Mn	4.2	0.58	0.79	3.68	0.61	0.65
Fe	57.10	95.05	94.01	61.99	94.65	93.93
Ni	17.13	4.17	4.75	14.18	4.39	4.32

注: 该表只显示质量分数。