



推钢式加热炉炉筋管开裂原因分析

宋亚虎 毛宽亮 张磊磊 赵学谦 郭亚森 王博 孙胜伟 胡寒婷

【摘要】 本文通过断口形貌、化学成分、力学性能试验和金相检测等方法对加热炉炉筋管开裂原因进行分析。结果表明,焊接裂纹和气孔等缺陷的存在是导致其开裂的主要原因,管道力学性能不合格和滑块材料耐热性差、强度不高对其开裂也都有重要影响。

关键词: 加热炉; 炉筋管; 滑块; 焊接裂纹; 力学性能

1. 概述

某公司热带厂新上一条热轧生产线,其推钢式连续加热炉在第一次投产运行期间,炉中最高加热温度达到1250℃,炉筋管外层用耐火材料进行隔热,其炉筋管中的最高温度在300℃左

右,运行12天后,最后缓慢冷却下来。在第二次往炉中装钢坯过程中,发现其炉中的多根炉筋管发生开裂。该管道最大外径140mm,壁厚20mm,材料为20G。经现场检测发现,裂纹基本上是沿滑块的止裂孔或两滑块

间隙穿过焊缝向炉筋管扩展,多为环向裂纹,其中滑块材质为45钢,与炉筋管焊接在一起。现场开裂处的宏观形貌如图1、图2所示,局部放大如图3、图4所示。

2. 理化分析

(1) 宏观检测 在裂纹沿着

高,数据库应用越来越普遍、越深入的情况下,从焊工、材料类别、检测等级等角度出发的焊接质量控制方法不失为一种好的选择,尤其针对大项目,既提高项目的经济性,同时也利于管道焊接质量控制的时效性。

参考文献:

- [1]信海红. 抽样检测技术(第二版)[M]. 北京:中国质检出版社,2015:3.
[2]应道宴. GB/T20801—2006

《压力管道规范 工业管道》实施指南[M]. 北京:新华出版社,2008:11.

- [3] Charles Becht IV著,陈登丰,等译. 工艺管道ASME B31.3 实用指南(第二版)[M]. 北京:化学工业出版社,2006:1.
[4]蔡暖姝,阮黎祥,应道宴.我国压力管道安全标准技术规范体系的建立和完善[J].化工设备与管道,2003(3):1-3.

- [5]高晓冬,刘扬.百分比抽样检测的不合理性研究[J]. 海军航空工程学院学报,2002(1):195-197.

- [6]叶永和.考核产品质量按百分比抽样的弊端[J].中国质量,2004(4):77-78.

作者简介:童壮根、陈艺、吴晨,上海市特种设备监督检测技术研究院;刘文虎,东阳工程(上海)有限公司。

MW 20170824



图1 沿滑块止裂孔处开裂



图2 沿两滑块间隙开裂



图3 A处局部放大



图4 B处局部放大

止裂孔开裂的炉筋管上进行切割取样, 取样后炉筋管裂纹处基本上已经断开, 断口表面已经锈蚀, 经稀盐酸清洗后, 其宏观断口形貌如图5所示。从裂纹的发展方向及断口的颜色来看, 断口开裂共分为三步, 第一步是滑块与炉筋管焊接处为首先断裂区, 第二步为扩展区, 第三步为最后断裂区。

(2) 化学成分分析 在炉筋管取化学成分分析试样, 其成分结果如表1所示。

由表1可知, 炉筋管化学成



图5 断口宏观形貌

分符合GB 5310—2008 中20G的标准要求 (P元素在允许偏差范围内)。

(3) 力学性能试验 在炉筋管上截取所需试样, 分别进行拉

伸、冲击、硬度试验, 其力学性能检测结果如表2所示。

从表2中可以看出, 炉筋管的屈服强度、抗张强度、断面收缩率、硬度都满足GB 5310—2008 中20G的力学性能要求, 但其伸长率低于标准值, 三个冲击试样其中有一个值24J不能满足标准要求。

(4) 金相检测 首先, 炉筋管金相分析。在炉筋管取金相试样, 将其磨制、抛光、腐蚀后在显微镜下进行观察, 其组织为铁素体+珠光体, 晶粒度6~7级, 组织正常, 如图6、图7所示。其组织铁素体基体上分布有析出产物, 这可能是因为炉筋管在高温下运行的结果。

其次, 焊接组织分析。在滑块、焊缝、炉筋管三者交界处取金相试样, 将其磨制、抛光后放在显微镜下观察, 在焊缝与滑块和焊缝与炉筋管两交界处均发现有裂纹, 其裂纹形貌如图8所

表1 化学成分 (质量分数) (%)

元素	C	Mn	Si	S	P	Cr
检测值	0.21	0.52	0.24	0.008	0.027	0.050
标准值	0.17~0.23	0.35~0.65	0.17~0.37	≤0.015	≤0.025	—

表2 力学性能

检测项目	屈服强度 /MPa	抗张强度 /MPa	伸长率 (%)	断面收缩率 (%)	硬度 HBW	冲击吸收能量/J
检测结果	455	545	21.0	58.0	156	24/58/62
标准值	≥245	410~550	≥24	—	—	≥40

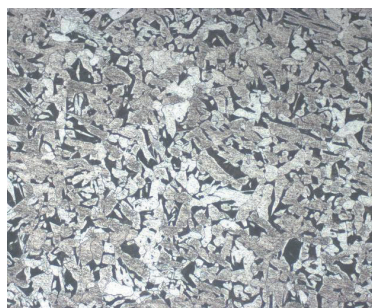


图6 炉筋管组织 100×

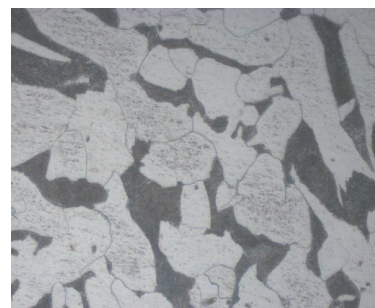


图7 炉筋管组织 500×

示。将其用4%的硝酸溶液腐蚀后观察，其腐蚀后的裂纹形貌如图9所示。另外在其裂纹的前端发现有焊接气孔，且气孔周围有氧化现象，如图10所示。

3. 原因分析

由以上分析可以知道，炉筋管材质20G，其化学成分、金相组织、力学性能符合标准要求。但其力学性能中的伸长率和冲击吸收能量不符合标准要求。

滑块和炉筋管焊接在一起，如果把它们当做一个整体来看，那么止裂孔处以及两滑块间隙就可以看做是缺口，当其在受力过程中，就会产生应力集中现象，成为这一整体结构中的薄弱区域。因此，当炉筋管开裂时，会首先沿滑块的止裂孔或者沿两滑块间隙开裂。

对于热带厂所选送的炉筋管试样来说，由于焊接后没有及时进行回火，消除其焊接应力，所以焊接区的裂纹和气孔等焊接缺陷将在焊接应力的作用下扩展。另外当炉子在加热过程中，炉中最高温度达到1250℃，而与之相接触的滑块，温度也将达到材质45钢相变点以上，在加热和冷却的过程中将发生相变，产生一定的内应力，焊接裂纹将在内应力的作用下进一步向两边的基体（首先是热影响区）扩展。当第二次往炉中装钢坯的过程中，由于滑块和炉筋管在加热炉中承载着钢坯，受到一定压力，另外由于滑块自身裂纹等缺陷的存在，同时又是在高温下工作，强度降低，所以使其承载能力下降，无法承载钢坯的重量。作为滑块的自身的薄弱区域止裂孔会首先发



图8 未腐蚀 焊接裂纹 50×



图9 腐蚀后 焊接裂纹 50×



图10 焊接气孔 100×

生开裂，随后在应力的作用下逐渐扩展到炉筋管，使炉筋管发生

开裂。

4. 结语

(1) 焊接裂纹和气孔等缺陷的存在是导致炉筋管发生开裂的主要原因。

(2) 炉筋管力学性能不合格和滑块材料耐热性差，强度不高对炉筋管开裂也有重要影响。

5. 建议

(1) 改进焊接工艺，提高焊接质量，避免焊接裂纹和气孔等缺陷的产生。焊接后及时进行回火，消除焊接应力。

(2) 采用各项性能指标都符合要求的炉筋管。

(3) 采用新型的滑块代替45钢滑块。

参考文献：

- [1] 张存信，陈玉如.金属材料断裂分析方法[J].理化检测-物理分册，2008，44（11）：622-625.

作者简介：宋亚虎等，中信重工机械股份有限公司。

MW 20170830

《金属加工（热加工）》2017年第18期广告目次

法国液化空气焊接公司上海代表处	1404	封面
广州阿比泰克焊接技术有限公司	1209	封二
山东奥太电气有限公司	1562	封三
泰佰亿（山东）工业有限公司	5032	封底
威特仕焊接（深圳）有限公司	2538	前彩1
北京金威焊材有限公司	1161	前彩2
南通振康焊接机电有限公司	1362	前彩3
金属加工APP	8000	前彩4
金属加工杂志社	8000	I
上海ABB工程有限公司	5176	III
凯天环保科技股份有限公司	5028	V