

# “π”形管道点焊工装焊疤部位的磁粉检测

王瑞强<sup>1</sup>, 吕拴录<sup>2</sup>

(1. 中石化国际事业有限公司, 北京 100000; 2. 中国石油大学 机电工程学院材料系, 北京 100249)

**摘要:**通过对撬装设备“π”形管道点焊工装的实施效果进行调查,并对工装焊接部位进行了目视宏观检验和磁粉检测,认为其工装焊疤部位的宏观检查无法发现某些裂纹,而采用磁粉检测方法可发现。“π”形管尺寸越大,工装焊疤部位越容易产生裂纹。建议对标准 GB/T 20801.4—2020《压力管道规范》的有关内容进行修改,以免在执行过程中产生异议。同时建议选用不伤害管道的非点焊辅助机械支撑工装。

**关键词:**“π”形管道;点焊工装;工装焊疤;焊接裂纹

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号:1000-6656(2022)12-0054-04

## Magnetic powder detection of spot welding tooling scar of “π” shaped pipe

WANG Ruiqiang<sup>1</sup>, LÜ Shuanlu<sup>2</sup>

(1. Sinopec International Co., Ltd., Beijing 100000, China;

2. Material Science and Engineering Department, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

**Abstract:** This paper investigated on the implementation effect of point welding tooling on “π” pipe for the prisking equipment, visual macro testing and magnetic particle testing were carried out for the welding parts of the tooling, and found out that the macro inspection of “π” pipe welding scar site cannot detect the defect, but applying magnetic powder detection could find out the defect. The larger the “π”shaped pipe, the easier the weld scar cracks. It was recommended that the GB/T 20801.4—2020 standard be modified to avoid objection during implementation. It was recommended to choose the non-spot welding auxiliary mechanical support tooling that does not damage the pipeline.

**Key words:**“π” shaped pipe; spot welding tooling; tooling welding scar; welding crack

撬装设备中含有“π”形管道,在对撬装设备“π”形管等环焊缝进行焊接的过程中,工厂须采用点焊辅助支撑工装(以下简称点焊工装)在车床上进行夹持,才能实现管道旋转焊接。现有标准虽然允许点焊工装,工厂采用点焊工装也方便装夹,但工装点焊位置表面容易产生烧伤,使其组织发生变化,产生焊接应力,进而可能产生焊接裂纹<sup>[1-6]</sup>。采取修磨措施之后,会使管道工装焊疤位置壁厚变薄,甚至报废。即使当时进行了无损检测确认该部位不存在裂纹,但其仍然是薄弱部位,可能在使用过程中萌生疲劳裂纹。为此,笔者对点焊工装的实施以及工装焊疤部位的缺陷检测和去除

问题进行研究,并对工装焊接部位进行了检测。

## 1 试验方案

### 1.1 试样

采用  $\phi 89.00 \text{ mm} \times 6.00 \text{ mm}$ (壁厚)Q355D 管线管工装与 4 件  $\phi 219.08 \text{ mm} \times 14.02 \text{ mm}$ (壁厚)的 L245N PSL2“π”形管道、6 件  $\phi 406.40 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ (壁厚)的 L360N PSL2“π”形管道组对焊接形成点焊工装接头。

### 1.2 点焊工装焊接方法

焊接方法采用氩弧焊+CO<sub>2</sub> 气体保护焊。

### 1.3 焊疤位置检测方案

(1) 拆除工卡具时应不损伤母材,同时应将辅助支撑工装焊疤部位残余的焊疤打磨修整至与表面平齐,并采用磁粉检测确认其无裂纹。

收稿日期:2022-07-28

作者简介:王瑞强(1981—),男,本科,高级经济师,主要从事钢材质量控制及供应工作

通信作者:吕拴录,lvshuanlu@163.com

(2) 打磨之后工装焊疤部位壁厚应符合标准要求。笔者先后采用外观检验及磁粉检测方法对焊疤部位进行检测, 并对检测效果进行分析。

## 2 工装焊疤部位的外观检验及磁粉检测

对“π”形管道工装焊疤部位进行了外观检验,

表 1 工装焊疤部位磁粉检测技术参数

属性	项目	参数	项目	参数
工件	部件名称	π形管	材料牌号	L360N
	部件编号	13/14/15	表面状态	良好
	检测部位	π形管焊疤打磨处	—	—
器材及参数	仪器型号	HG-MT-4 便携式磁轭探伤机	磁化方法	磁轭
	磁粉种类	HD-BO 型黑油磁悬液	灵敏度试片型号	A1-30/100
	磁悬液浓度/ml/100 ml	1.6~2.4	磁化方向	纵向
技术要求	触头(磁轭)间距/mm	75~200	提升力/N	>45
	要求检测比例/%	100	实际检测比例/%	100
	要求检测数量/处	10	实际检测数量/处	10
	检测标准	NB/T47013.4—2015	合格级别	I 级

表 2 工装焊疤部位外观检验及磁粉检测结果

“π”形管道编号	外径/mm	外观检查结果	磁粉探伤结果				
			位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5
1-1							
1-2							
1-3	219.08	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	—
2-1							
3-1			无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹
3-2							
3-3		未发现裂纹	无裂纹	1 处非常浅的裂纹, 长度约 5.26 mm。打磨之后探伤检查裂纹已经完全清除, 实测壁厚为 18.03~18.83 mm, 符合标准要求( $\geq 17.50$ mm)	无裂纹	无裂纹	无裂纹
4-1	406.40	纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹
4-2			无裂纹	无裂纹	弯头工装焊疤部位有 1 条细小裂纹。打磨之后探伤检查裂纹已经完全清除, 实测壁厚为 17.65~18.31 mm, 符合标准要求( $\geq 17.50$ mm)	无裂纹	三通工装焊疤部位有 11 条更细小裂纹。打磨之后探伤检查裂纹已经完全清除, 实测壁厚为 31.75~32.36 mm, 符合标准要求( $\geq 24.5$ mm)
4-3			无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹

## 3 分析与讨论

### 3.1 点焊工装材料与管道材料的匹配性

“π”形管所用的管线管和管件是 L245 和 L360 钢级材料, 点焊工装采用尺寸  $\phi 89.00$  mm  $\times$  6.00 mm (壁厚) 的 Q355D 钢管材料。依据标准 NB/T 47014—2011《承压设备焊接工艺评定》中 5.1.2 节的规定, “π”形管材料与工装钢管材料全部归类为

并采用着色剂进行了磁粉检测, 磁粉检测技术参数如表 1 所示, 无损检测标样标定结果如图 1 所示。

“π”形管道工装焊疤部位外观检验及磁粉检测结果如表 2 所示, 工装点焊位置及焊疤形貌如图 2 所示, 焊疤部位裂纹如图 3 所示。

表 2 工装焊疤部位外观检验及磁粉检测结果

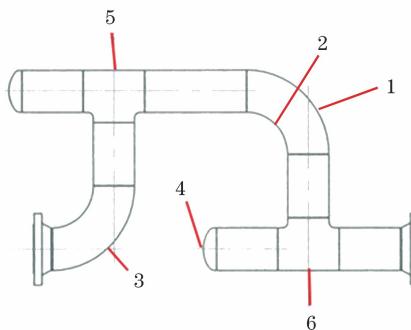
Fe-1 类别材料, 两者满足组对焊接要求。

### 3.2 “π”形管尺寸对工装焊疤部位焊接裂纹的影响

两种尺寸“π”形管工装焊疤部位的检测结果表明, 4 件  $\phi 219.08$  mm 的管道工装焊疤部位没有裂纹, 而对 6 件  $\phi 406.40$  mm 的管道工装焊疤部位进行磁粉检测, 发现 2 件有裂纹, 其中 1 件焊疤部位有 2 处裂纹。这说明“π”形管尺寸越大, 工装焊疤部位越容易产生裂纹。其原因是“π”形管尺寸越大, 质



图 1 无损检测标样标定结果



(a) “π”形管工装点焊位置示意



(b) 点焊施焊现场



(c) 弯管上工装焊疤形貌

图 2 工装点焊位置及焊疤形貌

量越大, 在焊接过程中工装焊疤部位受力越大, 越容易产生裂纹。

### 3.3 焊接缺陷判定

#### 3.3.1 裂纹判定

对 10 件 “π”形管道点焊工装焊疤部位进行磁粉检测, 结果表明, 2 件焊疤部位存在表面焊接裂纹类缺陷(共 3 处), 打磨之后裂纹完全去除, 壁厚符合要求。

焊缝的表面裂纹类缺陷包括裂纹和未熔合两种。裂纹是金属原子的结合遭到破坏而形成的新界



(a) 3-3-2弯头位置



(b) 4-2-3弯头位置



(c) 4-3-5弯头位置

图 3 “π”形管工装焊疤部位裂纹示意

面所产生的缝隙。未熔合是焊缝金属和母材或焊缝金属各焊层之间未结合的部分, 可能表现为侧壁未熔合、层间未熔合或根部未熔合。

该试验在工装焊疤部位发现的焊接裂纹是金属原子的结合遭到破坏而形成的新界面所产生的缝隙, 还是未熔合缺陷的缝隙, 仅凭肉眼无法分辨, 但通过金相分析或者扫描电镜分析可以清楚辨别。由于成品管道不允许取样进行金相分析或者扫描电镜分析, 该问题有待继续研究。

根据标准 NB/T 47013.4—2015《承压设备无损检测 第 4 部分: 磁粉检测》第 9 条规定, 承压设备不允许存在任何裂纹。

标准 GB/T 20801.4—2020《压力管道规范》第 7.4.4 节规定, 焊接的工卡具材料宜与母材相同或为 NB/T 47014—2015《承压设备焊接工艺评定》规定的同一类别号。拆除工卡具时应不损伤母材, 拆除后应确认无裂纹, 并将残余的焊疤打磨修整至与表面平齐。对于下列管道, 应对工卡具拆除部位进行表面无损检测: ① 铬钼合金钢管道; ② 标准抗拉强

度下限值大于或等于 540 MPa 的焊接管道。

对 10 件“π”形管工装焊疤部位进行目视检查, 没有发现裂纹, 判定为合格。但是采用磁粉检测发现 2 件“π”形工装焊疤部位存在裂纹, 判定为不合格。打磨之后, 复检焊接裂纹已经被清除, 且壁厚符合标准规定, 即判定为合格。

依据 GB/T 20801.4—2020 标准 7.4.4 节“定位焊缝”规定,  $\phi 406.40\text{ mm} \times 20.00\text{ mm}$  的 L360N 弯管工装焊疤部位只需要外观检查, 不需要进行磁粉检测。如果仅参照上述标准, 就会导致该弯管工装焊疤部位的裂纹出现漏检, 造成极大的安全隐患。建议对标准 GB/T 20801.4—2020 中 7.4.4 节“定位焊缝”这一条做如下修改: 焊接的工卡具材料宜与母材相同或为标准 NB/T 47014—2015 规定的同一类别号; 拆除工卡具时应不损伤母材, 拆除后应采用着色剂磁粉检测并确认无裂纹, 并将残余的焊疤打磨修整至与表面平齐。同时删除“对于下列管道, 应对工卡具拆除部位进行表面无损检测: ① 铬钼合金钢管道; ② 标准抗拉强度下限值大于或等于 540 MPa 的焊接管道。”

这样修改之后, 在执行 GB/T 20801.4—2020 标准过程中就不容易产生异议。

### 3.3.2 工装焊疤部位组织变化对管道力学性能的影响

点焊工装焊接时采用的是熔化极氩弧焊 + CO<sub>2</sub> 气体保护焊。钢的熔点约为 1 500 ℃, 碳钢焊接熔池温度为 1 450 ℃ ~ 1 480 ℃。在工装点焊过程中, 室温管道工装点焊位置熔池温度突然升至 1 450 ℃ ~ 1 480 ℃, 然后再急剧降到室温, 不仅会使热影响区组织和性能变差, 而且会产生焊接热应力和组织应力, 也易引起裂纹、气泡、夹杂等焊接缺陷, 这是焊接工艺本身的缺点。在随后的管件环焊缝焊接过程中, 这些焊接缺陷受力后还会扩展。如果采用机械式无损辅助支撑工装, 就可以避免点焊辅助支撑工

装存在的弊端, 保证管道质量不受影响, 目前已经有机械式无损辅助支撑工装方面的专利出现。

## 4 结论

(1) 对 10 件“π”形管工装焊疤部位进行宏观检查, 结果没有发现裂纹, 但采用磁粉检测发现有些工装焊疤部位存在裂纹, 且“π”形管尺寸越大, 工装焊疤部位越容易产生裂纹。

(2) 为了避免在执行 GB/T 20801.4—2020 标准过程中产生异议, 建议将其 7.4.4 节“定位焊缝”这一条修改为: 焊接的工卡具材料宜与母材相同或为 NB/T 47014—2011 规定的同一类别号; 拆除工卡具时应不损伤母材, 拆除后应采用着色剂磁粉检测并确认无裂纹, 并将残余的焊疤打磨修整至与表面平齐。

(3) 建议在进行“π”形管焊接过程中选用不伤害管道的非点焊辅助机械支撑工装。

## 参考文献:

- [1] LU S L, HAN Y, QIN C Y, et al. Crack and fitness-for-service assessment of ERW crude oil pipeline[J]. Engineering Failure Analysis, 2006, 13(4): 565-571.
- [2] 吕拴录, 袁鹏斌, 夏锋社, 等. 输气管道对接焊缝破裂原因分析[J]. 中国特种设备安全, 2006, 22(12): 32-35.
- [3] 吕拴录, 韩勇, 赵新伟, 等. 273.1 mm × 6.0 mm ERW 管线管破裂原因分析[J]. 管道技术与装备, 2005(4): 19-21.
- [4] 吕拴录, 康延军, 乐法国, 等. 某输油管道刺漏调查分析[J]. 管道技术与设备, 2010(1): 48-49.
- [5] 吕拴录, 韩勇, 李金凤, 等. 输气管道用无缝管线管表面发纹的检验与判定[J]. 钢管, 2010, 39(3): 48-51.
- [6] YUAN Pengbin, LV Shuanlu, LUO Faqian, et al. Internal pressure test succeeds where other measures fail[J]. Oil & Gas, 2010, 8: 5-52.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告