

不锈钢管件不符合项的发现及处理

杨大为, 叶林, 黄洪文, 段世林

(中国工程物理研究院核物理与化学研究所, 四川绵阳 621900)

摘要:正在建造的试验装置循环系统共有 20 件 $\phi 406 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 90° 弯头, 材料为 316 不锈钢, 是由两块厚度 8 mm 的轧制成半圆弧形的不锈钢板拼焊而成。在安装过程中, 连续发现这些弯头的 3 个相关联的不符合项。本文分析了产生这 3 个不符合项的原因, 并阐述了处理过程。

关键词:不符合项; 弯头; 应力

中图分类号: TL372.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-6931(2009)S1-0383-03

Unqualified Occurrences Finding and Dealing for Stainless Pipe Connection

YANG Da-wei, YE Lin, HUANG Hong-wen, DUAN Shi-lin

(Institute of Nuclear Physics and Chemistry, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract: There are 20 bends of 90° , $\phi 406 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ in the circulate system of some experiment units. Each bend is made by welding two plates of 316 stainless steel, which are rolled to semicircular-arc shape. During in the construction, three correlative unqualified occurrences were found about these bends. The cause of occurrences was analyzed and the dealing course modifying the shape for the third occurrence was described.

Key words: unqualified occurrence; bend; stress

在一实验装置循环系统的 20 件 $\phi 406 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 90° 弯头的现场安装活动中, 连续发现了 3 个相互关联的不符合项。本文从这些弯头的制造工艺着手, 分析产生不符合项的原因, 并阐述对不符合项采用校形处理的过程。

1 不符合项 1: 拼焊弯头的焊缝探伤底片与实物不对应

循环系统共有 20 件 $\phi 406 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 的

90° 弯头, 材料为 316 不锈钢, 由两块厚度 8 mm 的轧制成半圆弧形的 316 不锈钢板拼焊而成。制造厂完成制造后运到安装现场, 移交给安装公司负责安装。

安装公司按照安装技术条件, 对安装焊接的对接环焊缝进行射线探伤时, 由于部分探伤胶片必须贴在弯头部位, 意外发现 $\phi 406 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 90° 弯头纵焊缝底片灰度异常, 判断弯头焊缝热影响区有壁厚减薄现象。

经调看全部 20 件弯头的射线探伤胶片,发现底片与实物无法一一对应,由此发现了不符合项 1,即制造厂制作的 20 件 $\phi 406 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 90°弯头的射线探伤底片与弯头编号不对应。

分析产生该不符合项的原因是:管件制造厂在编制加工工艺时,未特别要求在全加工完成之后才能进行射线探伤检验,而是在两块半圆形的钢板对接焊接完成后,未进行焊缝的修磨即进行射线探伤,又在射线探伤全部合格后进行了焊缝的修磨和整体抛光处理,导致射线探伤标记被打磨掉,使原射线探伤底片无法与实物标记相对应。

根据设计院的意见,所有 20 件 $\phi 406 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 90°弯头全部重新进行射线探伤。

2 不符合项 2:拼焊弯头的焊缝热影响区减薄量超差

重新射线探伤的结果是:焊缝无内部缺陷。

但由于母材的厚度仅为 8 mm,焊缝周围进行修磨后,焊缝热影响区有减薄现象。经超声波测厚仪测量,焊缝热影响区壁厚基本均超差:按照焊接管件技术条件,弯头壁厚为 8 mm,允许有 12.5% 的负偏差,即合格产品的最小壁厚应为 7 mm。全部 20 件 $\phi 406 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 90°弯头中,有 19 件弯头的焊缝热影响区壁厚为 6.5 mm 以上,1 件弯头有两处壁厚分别为 5.6 mm 和 5.8 mm,面积约为 2~3 cm²。该事件被认定为不符合项 2,即拼焊弯头的焊缝热影响区壁厚超差。

根据现场实际情况,经研究决定,全部 20 件弯头均按不符合项处理;已安装的 9 件按照设计院书面意见,同意让步接收;8 件壁厚在 6.5 mm 以上的原样接收,1 件小于 6.5 mm 的按照设计院同意的返修方案进行返修。未安装的 11 件弯头退回制造厂返修。

3 不符合项 3:拼焊弯头的端面椭圆度超差

根据焊接管件技术条件和参照 ANSI B16.9 标准“尺寸和公差检查标准”,以外径和壁厚为准进行尺寸控制,可推算出 $\phi 406 \text{ mm} \times$

8 mm 90°弯头的外径偏差允许范围为 +2~-1.5 mm,即弯头端口处所有点的外径均应在 404.5~408 mm 之间。

制造厂返修的 11 件弯头,在确认壁厚全部合格后,又发现端口椭圆度超差的问题。这是因为,制造厂曾在冷态下对弯头进行过两次校形,当时测量尺寸虽满足技术条件,但在数小时至 1 天后,由于弯头内有残余应力,外形尺寸发生反弹,再次超出技术条件标准。这即为第 3 个不符合项,即拼焊弯头的端面椭圆度超差。

该不符合项的产生仍是由于制造厂的制造工艺编制存在失误造成的。弯头内的残余应力最主要是在半圆弧形钢板的轧制中产生的形变应力和两块半圆弧形钢板的对接焊中产生的焊接应力。制造工艺过程中产生的应力必须通过热处理即固溶消除。但制造厂将热处理工艺安排在半圆弧形钢板的轧制后进行,这样只能去除掉形变应力,而两块半圆弧形钢板对焊时产生的焊接应力无法消除,始终留在焊后的弯头中,再加上制造厂在处理不符合项 2 时,采用补焊方式返修壁厚超差问题时,又增加了焊接应力的影响,最终导致弯头始终无法校圆。因此,解决该问题的关键在于如何消除弯头中的残余应力。

将不符合项 3 报设计院后,设计院提出,虽椭圆度超差的弯头在安装时可通过临时校形与管道对接焊上,但由于残余应力始终存在,应由制造厂论证残余应力的大小及是否会对焊缝造成强度及其它不良影响及影响程度。

为此,组织设计院、制造厂、安装公司和工程监理共同进行了两次专题讨论,安装公司虽认为目前尺寸的弯头可安装,但确实无可行手段直接得到残余应力的实际值。

经设计院和现场有关质量、安全检查组认可,决定按照以下原则处理:

- 1) 制造厂必须提供满足技术条件的弯头;
- 2) 制造厂应根据问题所在,制定专门的返修方案,基本做法应是先通过尺寸稳定化处理(也称去应力退火)消除部分影响形变的残余应力,再通过校形处理达到满足技术条件要求的外形尺寸;
- 3) 返修方案经业主组织专家讨论会,审查同意后实施。

钢的退火是将钢加热到一定温度并保温一段时间,然后缓慢冷却。退火可降低硬度,提高塑性,改善加工性能,消除钢中的内应力,细化晶粒,均匀组织等。根据钢的成分和处理目的的不同,退火方法可分为完全退火、等温退火、球化退火、去应力退火和再结晶退火等。

去应力退火又称低温退火,是将钢加热到 $400\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温后在炉内缓慢冷却。由于加热温度未达到临界即敏化温度,故不发生组织变化,只是在加热状态下消除内应力。主要用于消除铸件、焊接结构件的内应力和精密零件在切削加工时产生的内应力,使这些零件在以后的加工和使用过程中不易发生变形。去应力退火中无组织转变过程,残余应力的消除通过保温时金属产生塑性变形来实现。

经认可的制造厂的校形处理工艺如下:

1) 管子端部 300 mm 范围内进行尺寸稳定化处理,热处理工艺采用电脑温控仪+加热绳包扎,用保温棉覆盖,升温速度 $100\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$,温度达 $420\sim 460\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,保温 3 h ,降温速度 $50\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$;

2) 采用 $\phi 410\text{ mm}$ 、锥度 7° 的冲头在油压机上进行冷态校圆,局部超差部位可采同液压千斤顶冷校,校圆后的端部周长应保证在 $1\ 270\sim 1\ 281\text{ mm}$ 之间;

3) 椭圆度的测量应测量不少于 6 条直径,其直径应在 $404.5\sim 408\text{ mm}$ 之间;

4) 校圆后应进行酸洗钝化处理,清除弯头表面杂质和氧化色;

5) 弯头端口 100 mm 范围液体渗透探伤、射线探伤检验;

6) 按技术条件要求清洁、包装。

采用该校形处理方案进行校形后一周,弯头的外形尺寸未发生明显变化,满足技术条件要求。

组织了设计院、制造厂、安装公司、工程监理和有关专家参加的评审会,与会者一致认为:根据 316 不锈钢的特性,该校形处理方案可基本消除对变形产生影响的残余应力,不会给今后的使用造成不良影响,方案可行。会后按照该方案处理了其余弯头。

4 结语

在设备安装过程中发现并处理的 20 件 $\phi 406\text{ mm}\times 8\text{ mm }90^{\circ}$ 弯头不符合项,历时 5 个月,对循环系统的安装进度有一定影响。

总结这 3 个不符合项的产生原因和处理即关闭过程,可吸取的经验教训是:

1) 设备验收时,不仅要认真查阅相关资料和检验报告,还应组织相关的专业人员对检验报告的原始记录进行查阅,避免发生类似“不符合项 1 ”的情况;

2) 制造厂在编写制造工艺时,应组织专业技术人员进行认真审查,避免由于工艺程序的失误而造成的损失。必要时,业主和设计院也应对制造厂的制造工艺进行审查。