

采气工程双金属复合管焊接技术及质量控制

柏琳

(大庆油田公司造价中心 大庆 163000)

[摘要] 以汪深1至徐深9天然气净化厂管道工程建设为背景,结合近些年双金属复合管在公司高含二氧化碳区块采气管道及外输管道中的应用和工程实践,研究和总结双金属复合管的焊接工艺技术及质量控制措施,提高双金属复合管的焊接效率和质量,为气田工程建设提供技术指导。

[关键词] 双金属复合管; 焊接; 技术

随着气田开发的不断深入,高含二氧化碳气井逐年增多。双金属复合管经过实践证明是解决气田集输管网CO₂腐蚀问题经济有效的方法。双金属复合管的焊接技术及质量控制在大量的工程实践中也在不断的完善和提高。耐蚀合金管是理想的防腐管道材料,但强度较碳钢和低合金管低,并且价格昂贵。双金属复合管以薄壁耐蚀合金材料做衬管,采用碳钢或低合金钢做为基管,在保证良好耐腐蚀性能同时,又利用了碳钢和低合金钢的优良力学性能和低廉的价格。随着制造及焊接方面配套技术的完善,双金属复合管得到了广泛应用。

1 双金属复合管制造工艺

双金属复合管按照复合工艺分为机械复合和冶金复合两大类^[1]:

冶金复合工艺主要有粉末冶金法、离心铸造法等。冶金复合管的制作工艺较为复杂,要在基衬金属之间形成冶金截面,由于两者材料性能的差别,不是任何一种衬层材料都能与碳钢材料复合在一起。冶金复合方式两种金属间存在冶金结合面,界面属于扩散结合,结合强度高,但生产工艺复杂,成本高。因此,在一些特殊要求的部位或要求压力较大的管线,优先选用双金属冶金复合管。机械复合又分为液压法、燃爆法等。是将内抗腐蚀合金钢管插入外碳钢管中,两管同轴叠加,通过液压或者燃爆等方法,使内管产生较大塑性变形,外管产生较小的塑性变形,撤除内压后,内外管紧密结合在一起。机械复合工艺因具有生产工艺简单、工序较少、生产成本较低等

特点,应用较为广泛,但由于两种金属间无冶金结合面,界面属于非扩散结合,结合强度较低,在高温情况下易发生分层,导致双金属失效。特别是焊接施工过程中存在焊接难度大、工效低、质量控制难等问题,在一定程度上限制了机械复合管的应用范围。近年来相应的制造、焊接等配套技术的完善,机械复合管材得到了更为广泛应用^[2]。气田高含碳天然气的采气管道、站内工艺等都采用了机械复合的双金属复合管,基管采用20G,内衬采用316L。

2 双金属复合管焊接的难点

虽然,双金属复合管在气田应用多年,但双金属复合管的焊接一直在重点、难点。

2.1 焊接工艺复杂: 由于衬层和基层材质不同,要考虑两种钢种(碳钢、不锈钢)来综合考虑使用焊条焊丝,不锈钢根焊完成后不宜直接使用碳钢盖面,应使用和316L不锈钢Cr、Ni、Mo等含金离子含量相近焊丝来进行过渡层焊接,防止离子稀释造成根焊耐腐蚀性降低,而且三类焊丝焊条的烘干、保存等要求也不同,所以焊接整道焊口需要三种型号焊材。焊接前首先要对管端20cm及坡口进行除锈处理,管端预热,用对口器对口,采用定位块进行定位焊,同时,要充氩保护,再经过根焊、过渡焊、填充焊、盖面焊等过程,最终完成双金属复合管环焊缝焊接。

2.2 焊工要求高: 复合管管径小,材质特殊,所以

作者简介: 柏琳(1986-),女,汉族、工程师,硕士研究生,油田地面工程施工建设方向。。

对焊工要求严格, TSG Z6002-2010《特种设备焊接操作人员考核细则》中规定, 焊工只能焊接持有考试合格的相应项目的现场作业, 首先双金属复合管要求堆焊资质即焊工既要有碳钢资质焊接同时要具备不锈钢焊接资质, 并且考试管径合格项目限定了最小管径, 考试管径在大于 $\Phi 76\text{mm}$, 现场施焊管径只能施焊大于 $\Phi 76\text{mm}$ 的管径管材, 其次, 考试壁厚也限定了焊缝金属厚度, 当考试母材厚度 $t < 12\text{mm}$, 现场施焊焊缝厚度最大值不超过2倍考试口管材壁厚, 所以能够符合要求焊工少, 是制约采气工程施工进度的一个较大因素。

2.3 焊接效率低: 双金属复合管一般厚度比较大, $\Phi 60 \times (6+2)$ 需要焊接5-7层才能够完成。打底需要1层焊接, 过渡需要1层, 盖面焊需要3-4层。下一层焊接时要控制层间温度, 等待自然降温到 60°C 范围才能继续施焊。遇到需要切管时, 还需要切管, 重新处理坡口, 管端进行封焊处理才能进行焊接。以 $\Phi 219 \times (6+2)\text{mm}$ 管道焊接为例, 一天一2人班组仅仅能焊接6道口, 焊接效率极低。

2.4 焊接质量保障难: 机械复合天然带有一些缺点, 给焊接质量保证带来困难。两种材质热收缩率不同, 冷却过程中产生拉应力, 易造成未焊透、未融合等缺陷。机械复合, 管道椭圆度相对较差, 给组对带来困难, 易出现对口超标。衬层与基层结合不良, 层间有水、空气等杂质, 造成密集气孔; 内部充氩不合格造成内部氧化; 内衬层仅2-3mm, 需对电流电压严格控制在区间范围内, 否则电流过大或过小极易出现根部内凹及烧穿等缺陷, 一次焊接合格率一般仅仅为77%。

3 双金属复合管焊接工艺比选

在多年的焊接管理实践中, 研究和总结双金属复合管的焊接工艺技术及质量控制措施, 提高双金属复合管的焊接效率和质量。在气田常用双金属复合管三种焊接工艺中综合比较, 选出一种最适宜焊接管道工程的工艺, 气田常用双金属复合管工艺有三种: 第一种: ER309LMo自保护焊丝打底、过渡+J507焊条填盖; 第二种: ER309LMo打底、过渡+填充、A042盖面; 第三种: ER309LMo打底、过渡+J507焊条填盖, 三者都能够满足标准规范中要求评定结果。

3.1 首先第一种工艺, 采用自保护ER309LMo自保护焊丝打底、过渡, 采用J507焊条盖面, 自保护

焊丝优点就是不需要采用内部充氩, 免去了内部充氩装置的设置时间, 提高了效率, 但设计图纸中要求氩电联焊, 并且自保护焊丝成本也是氩弧焊普通焊丝的3-4倍, 采用药芯保护, 焊后管内会存留一些药皮, 为后续管线权限吹扫试压带来不便, 这种方法适宜于内部不能充氩的连头口焊接。

3.2 第二种焊接工艺ER309LMo打底、过渡+填充、A042盖面, A042焊条属于Cr23Ni13Mo2不锈钢焊条, 由于焊缝中加入了适量的Mo元素, 熔融金属可提高焊缝金属的抗裂性及耐腐蚀性能, 属于超低碳异种钢焊条, 焊后效果质量非常好, 但一公斤不锈钢焊条价格约为普通碳钢焊条的4倍, 这种焊接方法不适宜全线管对管焊接, 适用于断口处不锈钢与复合管之间的过渡焊接, 这样既满足耐腐蚀要求, 也避免了复合管断口需封焊处理。

3.3 第三种焊接工艺ER309LMo打底、过渡+J507焊条填盖, 打底过渡都采用能够满足根部耐腐蚀性能的同时, 也能够防止过渡层的稀释, 盖面采用焊条J507, J507焊条属于低氢钠型碱性焊条, 能够进行全位置焊接, 由于双金属复合管的基层L290N也属于管线钢, 化学成分类似20钢, 所以采用J507焊条基层强度经焊接工艺评定能够符合于标准规范要求, 并且J507常用于20管材焊接, 焊接速度快, 效率高, 所以正常管对管焊接采用第三种焊接工艺从质量及效率上, 是最优选择。

4 保证质量提高工效的管理措施:

由于双金属复合管是机械作用结合, 管材进场后, 我们严格按照标准要求对管材检验, 使用超声波测厚仪对管道基层壁厚进行检查, 对每根管道管端的椭圆度检查, 确保对316L不锈钢衬层进行光谱分析, 确保衬层316L不锈钢合金含量达标, 保障管材的耐腐蚀性能; 焊材方面, 不局限标准要求, 验收检查焊材质量证明文件的同时, 对每批焊接材料熔敷到试验板上进行光谱分析, 严格保障焊材Cr、Ni、Mo耐腐蚀合金元素达标, 切实保障了焊接材料质量。焊接技术上:

焊接开始前, 使用新研制的三点式对口器, 避免了钢管组对时引起的收缩变形, 控制衬层金属的错边量, 减少对口不均焊接后在管道内形成环形凸起, 引起衬层厚度减薄, 加剧腐蚀速率。在打底根焊时, 使用内充氩装置, 使焊道背面氩

气室内迅速充满氩气,使焊道背面始终处于保护状态,避免背面氧化造成根部缺陷。在穿越断口处,采用316L不锈钢管过渡需断口的双金属复合管,这样省去了双金属复合管断口后的打磨、封焊等工序,节省了大量时间。

在焊接过程中,首先焊接接头坡口内外两侧20mm除锈处理,然后对管口进行预热,使用红外测温仪测量管壁温度需预热到100℃以上,根焊过程中应及时观察焊缝背面颜色和成型情况,若不能满足要求,则说明根部保护效果不佳,应检查内保护器密封性能是否良好,氧含量是否满足要求,焊接时注意环境风速变化,氩弧焊打底焊风速不宜超过2m/s,手工电弧焊风速不宜超过8m/s,如超过风速要求需采取适当的防风措施。接过程中严格控制层间温度,焊接各层的层间温度不宜低于60℃。

焊后检测方面,在设计初期,由于此条管线为站间集数管线,设计压力为8mpa,一般施工标准规范为100%超声波,20%射线抽查,而设计要求也是100%超声波检测,20%射线检测,但由于焊缝处内、外金属材质不同,晶粒度级别相差较

大,如采用传统的超声波探伤设备和方法无法检测复合管管体和焊缝的缺陷,经多次和设计沟通协调,设计调整为100%射线检测,这样高于标准规范的检测比例保障焊道质量。

5 总结

通过对汪深1至徐深9净化厂集气管道工程219×(6+2)双金属复合管焊接的实践和研究,及时分析、总结了双金属复合管的制造及焊接工艺现状,制定措施,克服困难,提高了焊接一次合格率达到96%,保证了腐蚀管道的强度和耐腐蚀性能,进而确保了工程本质安全。同时,总结的双金属复合管的焊接控制要点和措施,为今后双金属复合管焊接管理提供了一些实践依据。

◆参考文献

- [1] 闫可安等.双金属复合管的研究现状与发展趋势[J].化工技术与开发, 2020, 49(10): 1-3
- [2] 闫可安等.双金属复合管制造过程中的质量控制[J].石油工业技术监督, 2014, 30(07): 4-5

收稿日期: 2022-11-29 修回日期: 2023-07-13

(上接53页)

而是不严谨的^[5]。在笔者看来,无论遵循哪个标准或指南,了解要求很重要,同样重要的是,确保根据这些标准选用的填料函按照厂家要求得到正确的安装。

◆参考文献

- [1] Explosive atmospheres - Part 14: Electrical installations design, selection and erection: IEC 60079-14: 2013 [S]
- [2] Explosive atmospheres - Part 14: Electrical installations design, selection and erection: IEC 60079-14: 2007 [S]
- [3] Explosive atmospheres - Part 14: Electrical installations design, selection and erection: IEC 60079-14: 1996 [S]
- [4] Robert Johnson, To Barrier or not to Barrier... That is the Question[OL] [2023-02-17]- <https://www.sourceiex.com/>
- [5] 李玲, 范咏峰 隔爆外壳保护设备电缆引入装置选择的探讨[J].石油化工自动化, 2020, 56(06): 42-45.

收稿日期: 2023-03-27 修回日期: 2023-07-13