

P11 管口堆焊镍基与 TP321 焊接浅析

方刚 (中石化第十建设有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 焊接技术在石油化工领域是至关重要的, 焊材的选用直接影响设备、管道乃至整套装置的使用寿命。铬钼耐热钢与奥氏体不锈钢异种钢焊接在施工现场经常遇到, 焊材的选用也要根据实际的工况选择, 其中镍基合金焊材具有很强的耐腐蚀性能, 可用在铬钼钢与异种钢焊接的焊材选用上, 其具有焊接前无需预热、焊接后无需热处理的特点, 因此被广泛使用。

关键词: 镍基堆焊层; 异种钢; 焊接

铬钼耐热钢与奥氏体钢异种钢焊接在石油化工领域较为常见, 神华宁煤 400 万 t/a 煤炭间接液化项目费托合成单元的费托反应器为高温高压Ⅲ类压力容器, 介质为液体石蜡、H₂、CO、CO₂ 的爆炸危险介质, 设计为了减少设备内件连接的泄漏点, 将费托合成反应器设备内所有承压内件连接管与壳体连接的形式全部采用了现场焊接方式, 其中一种接管焊接为异种钢焊接, 管口母材的材质为 SA182, 设备制造厂家在其端部堆焊了一层 6mm 厚的 Inconel 182 的镍基堆焊层, 接管材质为 0Cr18Ni10Ti, 现场对于此类异种钢焊接焊材的选用上有很多的争议, 因此本文对焊条选用以及此类异种钢焊接工艺进行了浅析。

1 材质描述

母材: SA182-GrF11CL2 (P11);

接管: 0Cr18Ni10Ti (TP321);

堆焊层材质: Inconel 182 (ENiCrFe-3)。

①母材 SA182 的材质: 查阅《石油化工异种钢焊接规范》SH3526-2015 附表得知, SA182 为 ASTM 材质名称, 根据《石油化工铬钼钢焊接规范》SH3520-2015 可知其钢号为 P11, 对应国内材质为 14Cr1Mo; ②接管 0Cr18Ni10Ti 的材质: 查阅《石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程》SH3523-2009 得知其牌号为 TP321; ③堆焊层材料 Inconel 182 的材料: 查阅《石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程》SH3523-2009 对照表对应的焊条牌号为 ENiCrFe-3、焊丝牌号为 ERNiCr-3。

2 堆焊层镍基合金的特点

镍基合金具有耐各种腐蚀介质的抗腐蚀性能, 同时具有良好的高温性能, 其显微组织是奥氏体, 在固态下没有相变, 镍基合金在焊接时有以下特点: ①镍基耐蚀合金具有较高的热裂纹敏感性; ②对焊接表面的杂质元素敏感, 因此在焊接过程中焊接表面应保持清洁; ③对焊接热输入敏感, 焊接时应当限制焊接热输入, 防止产生热裂纹等焊接缺陷; 液态熔敷金属流动性差, 焊缝金属熔池浅。

3 堆焊层的作用分析

若没有镍基堆焊层, 就是 P11 与 TP321 异种钢焊接, 此异种钢焊接为铬钼耐热钢与奥氏体不锈钢的焊接, 由《石油化工铬钼耐热钢焊接规程》SH3520-2015 要求可知: 铬钼耐热钢与奥氏体钢组成的异种钢焊接接头, 当设计温度低于 425℃时, 宜选用 25% Cr-13%Ni 及以上的奥氏体焊接材料。由于费托反应器设备内设计温度为 300℃, 可以选用 25% Cr-13%Ni 及以上的奥氏体焊接材料, 根据《石油化工铬钼钢焊接规范》SH3520-2015 附表可查到 E309 焊

材的公称成分为 25%Cr-13%Ni, 因此此类异种钢焊接可以选用 E309 焊条, 由于铬钼钢与奥氏体钢膨胀系数不同, 焊接前最好还是需要焊缝两侧的母材进行预热处理, 预热温度为 100℃, 焊后立即进行消氢处理, 温度不低于 200℃。

如果设备制造厂在 P11 端部堆焊 6mm 的镍基 Inconel 182 (ENiCrFe-3) 堆焊层, 现场的焊接相当于镍基合金接管与 TP321 接管焊接, 且无论选用镍基焊材还是不锈钢焊材都不用对焊道进行热处理工艺。

基于上面两点可知, 如果没有镍基堆焊层, 可以采用焊条 E309 进行异种钢之间的焊接; 如果有镍基堆焊层可以避免现场对焊道的热处理工艺, 由此可以得知设计的意图是通过堆焊镍基堆焊层而避免现场热处理工艺。

4 焊材的选取

①根据《石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程》SH3523-2009 附表可知: 堆焊层镍基合金 (Inconel 182) 即为 ENiCrFe-3 堆焊而成; ②根据 SH3523-2009 附表可知: 奥氏体不锈钢 (TP321) 可以用 ENiCrFe-3 进行焊接; ③结合以上两条可得: 焊接接头可以用 ENiCrFe-3 焊条进行焊接, 打底焊丝牌号为 ERNiCr-3, 焊后无需进行热处理; ④由于 ENiCrFe-3 镍基焊条的价格非常高, 因此施工单位提出将堆焊层打磨掉, 这样就改变了焊接方式, 这样就变成了简单的 P11 与 TP321 异种钢焊接, 根据焊接规范《石油化工铬钼钢焊接规范》SH3520-2015 此类接头焊接是不能采用打磨掉堆焊层而使用 E309 焊材的做法的, ENiCrFe-3 的焊材价格虽然很高, 但是为了满足设备长周期安全运行, 业主方多花些成本还是很值得的。笔者所负责的费托合成反应器的内部异种钢焊接经过专家多次讨论, 从保证设备长周期安全运行考虑, 最终采用的 Inconel 182 焊材, 与堆焊层同材质; ⑤然而镍基堆焊层也存在一定的弊端, 由于设备制造厂家对管口进行了堆焊, 技术要求只对堆焊层进行 PT 检测, 堆焊层内部容易产生缺陷 (如气孔夹渣等) 不易被检测出来, 施工单位与接管进行焊接后产生的缺陷很容易与设备制造厂堆焊镍基焊材时产生的缺陷混在一起, 不利于质量责任的划分, 容易产生责任纠纷。

综上所述, 如果有此类异种钢接管的焊接, 建议设计单位在进行设计时取消设备管口的端部镍基堆焊层, 可以要求现场进行配管焊接作业时直接采用镍基焊材焊接, 这样就不会因为堆焊层而导致设备制造厂与现场安装单位之间的焊接质量纠纷。但是这种做法仍需要现场在母材上进行镍基堆焊层的焊接, 并在第一层焊接时要对母材进行预

热, 预热温度 100℃, 以防产生焊接裂纹。

5 焊接技术要求

5.1 焊接技术准备

①根据相关要求按照 NB/T47014《承压设备焊接工艺评定》和产品技术条件的要求进行焊接工艺评定, 以制定合理的焊接工艺规程(WPS); 针对各类焊接接头编制《焊接工艺卡》; ②焊工考试执行《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》或 GB50236-2011《现场设备、工业管道焊接工程及施工规范》的规定, 考试项目必须能够覆盖所焊接产品的厚度。

5.2 焊接材料的要求

①焊接材料的储存保管应符合《石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程》SH3523-2009 的要求; ②焊接材料的烘干、发放、回收严格按照相关规定执行, 焊条的烘干工艺按照生产厂家的参数进行并且符合 SH3523-2009 规范要求, 焊丝使用前应检查是否清洁; ③焊接镍合金用的氩气纯度应达标。

5.3 焊接过程技术要求

①镍合金焊接一般采用手工钨极氩弧焊、手工焊条电弧焊、熔化极惰性气体保护焊等方法, 也可采用埋弧焊自动焊焊接方法, 本文涉及的异种钢焊接采用的是钨极氩弧焊打底, 手工焊条电弧焊盖面的焊接方法; ②焊接采用多层多道焊接, 焊接采用小线能量、短电弧, 摆动参数不得超过焊条直径的 3 倍; ③采用实芯焊丝焊接时, 焊缝背面

(上接第 176 页) 的人员真正意识到在日常性的工作过程中, 不可以弄虚作假, 按照专业规范完成所有的工作任务。

2.3 管理环境处理工作

在管理环境的处理过程中, 主要是针对所有的相关方案的制定人员, 以及工作方法的分析人员, 所有的专业人员必须要经过全面细致的考核。比如针对当前所制定方案的利用效果、针对各类方案的制定模式以及最终所取得的相关研究结果科学性与完整性, 需要全面分析这类人员是否真正自行完成了所有的研究工作, 同时要分析其对自身所提出管理工作方法和管理工作机制的本身了解情况。

2.4 人员安全思想建设方法

在风险的管控过程中, 要能够意识到并非所有的人员都对具体的风险管控工作具有全面化的了解, 尤其是能够体现在其本身所提交的各类材料方案, 以完成专业管控工作并设定工作方案。此外针对现场管理人员与施工人员, 要完全依照风险管控工作给出的相关结论进行分析, 因此针对这类人员必须要能够通过对其所提交方案的全面化监管和研究, 实现对于各类研究成果和研究体系的深度化了解, 之后才可以进一步探讨该人员的从业素质是否符合要求, 但凡发现这类人员存在相关信息的错误使用现象时, 那么该人员本身的从业资格以及参与的工作要求就需要经过进一步的细致了解, 从而分析该人员能否参与到实际性的工作项目内。

2.5 现场安全管理方法

在风险管控要点的建设过程中, 实际上针对一线施工人员, 其本身采用何种方法参与工作, 以及工作过程中所

充氩实行内保护, 内保护措施可采用管子整体或局部充氩; 打底焊接完成后, 应对打底焊接进行 RT 检测, 确认打底焊接质量合格再进行手工焊条电弧焊盖面焊接。

6 结束语

镍基合金具有耐高温、耐腐蚀的特性, 镍基合金焊材用于铬钼耐热钢与奥氏体钢异种钢之间焊接, 使焊缝的蠕变寿命更为长久, 具有良好的抗高温断裂性能。焊接前对焊缝坡口的处理要求很高, 易形成气孔缺陷。费托反应器内接管焊接坡口按本文要求严格处理后, 气孔缺陷得到了有效的控制, 焊接合格率明显提高。镍基合金焊材形成的焊道力学性能虽然良好, 但其价格比其他奥氏体焊材高出很多, 因此在选用焊材时要综合考虑。

参考文献:

- [1] SH3526-2015. 石油化工异种钢焊接规范 [S]. 北京: 工业和信息化部, 2015.
- [2] SH3520-2015. 石油化工铬钼钢焊接规范 [S]. 北京: 工业和信息化部, 2015.
- [3] SH3523-2009. 石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程 [S]. 北京: 工业和信息化部, 2009.
- [4] NB/T47014-2011. 承压设备焊接工艺评定 [S]. 北京: 国家能源局, 2011.
- [5] GB50236-2011. 现场设备、工艺管道焊接工程施工规范 [S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2011.

能够得到何种结果, 都完全受限于施工现场配置的安全监管人员和管理工作人员的工作要素决定, 才可按部就班地完成所有工作。因此本文认为, 在工作侧重点的规划中, 必须要能够实现对于安全监管类人员的有效管理, 通过对这类信息的全面细致化分析, 才可以更好确保在正式施工过程中不存在安全缺陷。

2.6 分级管理制度建设方法

所谓的分级性管理, 要求在相关管理要点的设定过程, 以及在安全交底会议内进行主要宣讲类的人员, 必须要能够对其本身所设计的工作方法和工作方案能够全面化负责, 同时在施工过程中, 但凡发现这类人员所提交的方案本身并不符合实际工作要求, 或者在相关信息的说明过程没能完全对自身所制定的方案具有全面深化的了解时, 那么这类人员需要负担最高的责任, 严重时可以将调离岗位, 并且进行严肃处理。

综上所述, 油田地面工程管道的防腐处理中, 主要存在的问题包括材料的检查问题、防腐材料的代用问题、各类管线的处理问题等, 在这类问题的处理工程中, 使用的方法要完全按照施工现场内人员的检查工作制度和措施, 按照规定的流程和措施分析当前的施工问题并勒令整改。

参考文献:

- [1] 张杰. 油田管道防腐层检测技术及管道维护的探讨 [J]. 全面腐蚀控制, 2020, 34(10): 95-96.
- [2] 徐淑伟. 油田地面工程管道防腐施工技术应用探讨 [J]. 化学工程与装备, 2020(07): 36-37.