

临氢高压不锈钢管道焊接与质量控制

赵 力 (中石化南京炼油厂)

210033 江苏省南京市栖霞山

摘要 在金陵石化某装置的临氢高压管道的焊接施工中, 针对不同的焊接管材管件采用相应的焊接工艺和检测方法, 为解决不锈钢大口径管道焊接技术和炼化装置建设提供经验。

主题词 不锈钢 管道焊接 工艺 质量控制 检测

1 前言

金陵石化公司南京炼油厂 40 万 t/a 柴油加氢装置临氢高压部位的工艺管道材质为 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢管, 其中 $D273\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的管道 140m, 主要是与加热炉、反应器及高压换热器的进出口连接, 具有的特点是:

(1) 临氢并且介质含有硫化氢组分。

(2) 高压 (设计压力为 8.8MPa), 高温 (设计温度为 435℃)。

(3) 施工多为高空作业, 固定口较多, 施焊工作量大, 其中 P112、P114、P115 管段有冷紧预拉要求。

(4) 由于设计、供货等因素, 管件材质多为 Cr5Mo、2.25Cr-1Mo 等铬钼钢, 增加了焊接的难度。

2 不锈钢的焊接

奥氏体不锈钢具有较好的综合性能, 分析其焊接特点, 主要应解决可能出现的晶间腐蚀及热裂纹问题。

晶间腐蚀是晶界贫铬造成的。由于奥氏体内的碳在高温停留过程中, 会以碳化物的形式沿奥氏体晶粒边界析出, 碳化物中的含铬量很高, 约占 95%, 比固溶体内含铬量大 4 倍。再因碳在奥氏体内扩散速度较快, 铬扩散速度较慢, 晶体内的铬来不及补充, 可在晶体与碳化物之间形成贫铬区, 电极电位急剧上升, 极易发生晶间腐蚀, 尤其在 450~850℃ 的危险温度区间。考虑到大熔深焊接接头不可避免地要经过这一危险温度范围, 且烧焦工况下管道

温度超过 450℃, 更需对抗晶间腐蚀引起一定的重视。

对于稳定的单相奥氏体钢, 焊缝热裂纹问题也不能忽略。由于奥氏体钢导热系数较小, 在焊接过程的局部加热条件下, 温度梯度较大, 使温度分布不均匀, 又因其线膨胀系数较大, 在加热和冷却过程中, 势必引起较大的应力和变形。此外, 奥氏体钢焊缝结晶时, 脆性温度区域比较宽, 且树枝状结晶方向性明显, 使低溶点的杂质或共晶体在晶粒处集中, 在焊接应力作用下可能产生热裂纹。

基于上述分析, 在制定焊接工艺时, 我们采用以控制热循环为主, 氩弧焊打底、手工电弧焊盖面的工艺。氩弧焊丝为 H1Cr19Ni9Ti, 纯氩气充填保护。手工电弧焊条为 A132, 直径 3.2mm。整个焊接过程用大焊速、小电流 (80~90A)、多道焊。施焊时不作横向摆动, 保持窄焊缝。同时注意控制层间温度, 使之冷却到 60℃ 左右时再焊下一道, 严格执行操作规程, 保证焊接工序顺利进行。采取以上工艺措施, 既保证了焊道根部的质量, 提高了抗腐蚀能力, 又减小了焊接应力, 收到较好的效果。

3 异种钢的焊接

焊接奥氏体不锈钢与 2.25Cr-1Mo 钢或与 Cr5Mo 钢时, 其焊道的化学成分是由三种材料 (两种被焊母材及焊接材料) 决定的。很显然, 由于低合金钢合金成分较少, 焊缝中的铬、镍成分会因为铬钼钢的溶化渗入而有所稀释。由于 2.25Cr-1Mo 钢和 Cr5Mo 钢的含碳

量分别为 0.17% ~ 0.24% 和 $\leq 0.15\%$, 均高于 1Cr18Ni9Ti (含碳 $\leq 0.12\%$), 焊接时有可能发生碳迁移。在异种钢的交界处, 由于各种元素含量不均, 会有各种元素的扩散过程进行。在各元素的扩散中, 含碳量的变化对焊缝影响较大, 碳迁移主要发生在熔合区。奥氏体钢在高温时具有较高的溶解碳能力, 钼钢熔合区附近的碳原子力图向焊缝扩散, 但往往又不可能迅速进入到焊缝中, 而在边界处发生富集现象, 温度降低后形成碳化物层。再加之铬钼钢本身组织为珠光体 (或加少量铁素体), 使近缝区易淬硬产生冷裂纹, 降低这一部分的塑性、韧性, 脆变可能性大大提高。根据施工经验, 若不注意焊接工艺, 在焊接过程中熔合区根部第一道焊缝往往出现具有较高硬度的马氏体组织, 而且很可能产生裂纹。为此, 我们对不同的母材采用了不同的施焊方案。

3.1 不锈钢管与 2.25Cr-1Mo 钢法兰的焊接

反应器和高压换热器内壁均用 00Cr25Ni3 过渡层及 00Cr20Ni10Nb 表层堆焊, 对于设备法兰颈部和坡口处, 我们也相应进行了同样的堆焊层处理。这种工艺, 变异种钢焊接为同种奥氏体钢焊接, 避免了焊接过程中合金元素的稀释现象, 直接用奥氏体钢焊条施焊。经 PT、RT 检查, 没发现问题。

3.2 不锈钢管与 Cr5Mo 钢管的焊接

采用 WELTIG82 焊丝 (含 72% Ni、25% Cr), 氩弧焊封底, A302 焊条盖面的工艺施焊。82 焊丝镍含量高, 用于封底可以有效地阻止在焊接温度下可能发生的碳迁移以及在铬钼钢一侧熔合线上形成脆性 σ 相组织。由于镍、Cr5Mo 钢和 18-8 钢的膨胀系数不同, 在加热和冷却过程中可以起到减缓膨胀、收缩的过渡作用。TIG 工艺焊接成型好, 能保证焊缝根部质量, 有利于整个焊缝区形成良好的奥氏体组织。为确保施工质量, 焊前对接口的铬钼钢管一侧进行 200℃ 预热处理, 施焊过程中尽可能延缓冷却马氏体转变温度时间, 防止过

热区产生淬硬组织。氩弧焊底焊道施焊后, 增加一次 10 倍放大镜目测和 PT 探伤检查, 对发现的微裂纹, 砂轮打磨后再做修复。

4 施工过程中的质量控制

在制定正确的技术措施的基础上, 我们更重视大口径不锈钢管道施工全过程的质量控制与管理, 不放过任何薄弱环节。各工序质量控制与管理的具体实施步骤如下:

(1) 半径 4.5m 的弯管经中频加热一次弯制合格, 各项控制指标均符合设计要求。

(2) 焊接坡口采用 V 型, 坡口的加工精度和尺寸按图纸要求严格控制。大部分坡口用机械加工, 不便于加工的采用等离子弧切割。清理坡口使用薄片胶质尼龙砂轮, 以防渗碳, 施焊前对坡口表面逐一进行检查。

(3) 管道的大部分组对都在自由状态下进行, 以避免附加应力产生焊缝裂纹。加热炉、反应器的进出口管道温度较高, 由此产生的热应力也大。设计要求采用冷拉 (压) 热应力补偿预处理方法, 给施工带来了一定的难度。在施工中, 我们十分慎重地确定合适的预紧点, 严格控制下料尺寸, 预拉前认真检查预留间隙是否满足设计要求。

(4) 严格控制对口的错边量、坡口间隙及点焊长度。点焊完毕仔细检查对口的均匀程度和间隙大小, 一经发现超标, 切开重焊。

(5) D273mm 管道和反应器的 D_N250 mm 进出口法兰的连接, 由于管内、外径分别是 243、273mm, 法兰颈内、外径分别是 210、298mm, 若直接组对焊接错边量太大。为此, 加接异型非标准大小头, 用 18-8 钢棒墩压加工。由于不锈钢组织在 800~1200℃ 锻压温度时, 有可能产生粗大奥氏体晶粒及脆性组织。锻造加工后, 对工件进行 1010~1150℃ 保温 1.5h、急冷淬火的固溶处理, 使析出的碳化物重新溶入固溶体。经金相复膜检查, 虽然有部分晶粒大小不均匀, 但保证了全部为奥氏体组织。经 X 射线和内外表面 PT 检查后, 对发现

铬镍不锈钢薄板的焊接

李庆燕 (秦皇岛市安装工程公司)

066000 河北省秦皇岛市

对于厚 0.5~1.5mm 的 1Cr18Ni9Ti 不锈钢薄板或薄壁管的焊接,普通手工电弧焊很难胜任,氩弧焊虽然胜任,但操作难度大,受施工条件的限制。气焊则有成本低、设备简单、使用灵活的特点,尤其在无电源或需要登高作业的施工现场,更显得方便。现将铬镍不锈钢薄板气焊的有关技术介绍如下。

1 焊丝

可以从母材上剪切细条作为焊丝,焊丝宽度宜比板材厚度大 0.5mm 左右。也可以选购成品不锈钢焊丝 H0Cr19Ni9,焊丝直径以比焊件厚度大 0.5mm 左右为宜。选用 YB132 奥氏体不锈钢药芯焊丝,焊接效果更好。

2 焊剂

为保证焊缝质量,不锈钢的气焊一般都使用焊剂。对于残留焊剂难以被清除的焊缝,也

可以不使用焊剂,但对操作技术要求更高些。

可选用气剂 101 (代号 CJ101),也可按表 1 中的配方自行配制。

表 1 铬镍不锈钢气焊焊剂的配方 (%)

序号	硼酸	硼砂	萤石	陶土	硅铁	钛铁	大理石
1	50	40	10				
2			29	5	3	3	60

3 火焰

采用中性焰或乙炔微过量的碳化焰,严禁用氧化焰。

4 接头间隙

对于厚 0.5~1.5mm 的 1Cr18Ni9Ti 不锈钢薄板、薄壁管的气焊,一般不需开坡口,也不留间隙;若留间隙,则间隙最大不超过板(管壁)厚的 1/2。

5 操作要点

的表面微裂纹又做了进一步处理。

(6) 氩弧焊封底是保证临氢管线焊接质量的关键,底焊缝打磨后都进行 10 倍放大镜目测和 PT 检查。各管段的最后一道固定焊口都用可溶纸封住管内,保证充氩。依据设计要求,对所有焊道都进行了射线拍片检查。对 P112、P114、P115 三条管道的 59 个焊口的 346 张 RT 底片检查来看,按《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB3323—87)评定,返修片只有 5 张,一次合格率达 98.5%。

(7) 与高压管线连接的各静密封点安装前都进行了认真检查,发现的缺陷及时处理,使高压管道顺利通过 0.6MPa 氮气气密试验和 7.6MPa 氢气气密试验。

管道安装完毕后,按有关规范及规定全部进行液压强度试验。试验前,认真检查管道和

支吊架的安装焊接情况,审查有关资料及试压方案,并化验水的氯离子含量。水压试验时,按试验压力 $P = 1.25P_{\text{工作}} \times ([\sigma]_{\text{常温}} / [\sigma]_{\text{工作}})$ 加压,逐段管道检查。P115 管段由于预拉后应力较大,不便加置盲板,我们坚持按规定试压并修改了方案,在确保安全的前提下,将反应器、管道、换热器连通在一起进行试验,保证了安装质量。

5 结束语

回顾整个施工过程,由于我们严格执行有关规范和设计要求,认真抓好施工质量控制,着重解决不锈钢焊接、异种钢焊接和施工中出现的技术问题,较好地完成了装置施工任务,并于 1994 年通过国家验收。

(编辑 屠宏 收稿日期 1995-05-15)