

15CrMoR/06Cr13复合板塔 产生表面裂纹的原因分析

天津滨石化设备有限公司 (300271) 窦双云

【摘要】通过原因分析查找了产生裂纹的原因，现场对焊接接头进行了化学分析和金相分析，结果表明复层焊缝存在少量气孔、夹渣等缺陷，使焊接力学性能变差，并在热应力作用下产生微裂纹。合理地制定了返修方案并消除了裂纹缺陷。

1. 概况

某工程施工现场分段安装复合板塔，该塔高34m、直径9m、塔体材料为15CrMoR/06Cr13，塔体安装、检测合格后进行消除应力热处理，热处理温度为690℃保温2h。当再次对热处理后的塔内外焊缝进行100%渗透检测时，发现复层焊缝及两侧热影响区表面有多处细小表面裂纹，共计657处；其中浅表性裂纹605处，且大部分裂纹分布在封头上。

为确认是否有焊缝内部裂纹及裂纹扩展情况，对该塔A、B焊缝进行100%超声波探伤检测（焊缝两侧各300mm范围内双直双斜探头），没有发现其他裂纹。图1为塔焊缝简图。

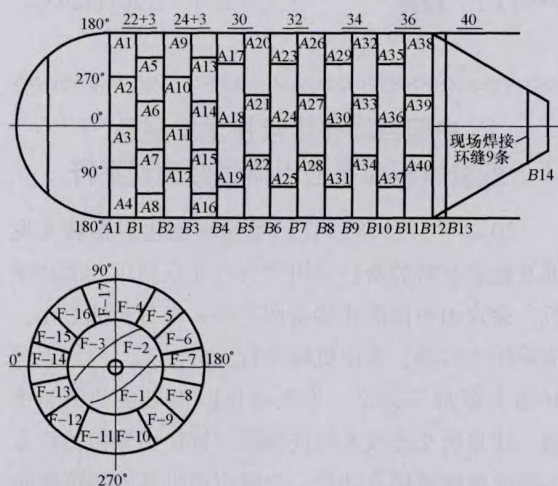


图1 塔焊缝简图

2. 原因分析

(1) 15CrMoR/06Cr13塔的焊缝性能分析 用塔体产品试板余料作材料力学性能试验及化学成分分析，结果如下：①力学性能试验。焊道180°侧弯合格；焊道中心的常温冲击吸收能量：120~190J；热影响区的常温冲击吸收能量：228~260J。②化学成分分析。塔复合板复层的光谱检验： $w_{Cr}=13.1\%$ ，合格；塔15CrMoR基板的化学成分合格；焊缝（E5515-B2）的化学成分合格。

(2) 焊缝金相分析 为深入了解裂纹产生的原因，我们对复层焊缝、裂纹及母材正常位置进行覆膜金相分析。①取样分析部位如如图2所示。图2中箭头所指处为金相检验位置，共计3个位置，编号分别为1#、2#、3#。每个位置均包括母材、焊缝及热影响区三个部分。②检验结果表明：三个位置的母材金相组织均为铁素体+碳化物，晶粒度7~8级，组织状况无明显差异（见图3）；1#、2#、3#位置焊缝均发现较多裂纹及多处圆形夹渣，裂纹尖端呈沿晶状态，焊缝的多处位置均发现有微裂纹

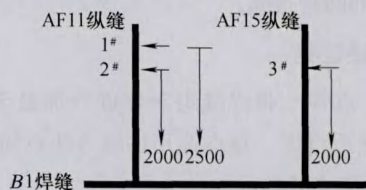


图2 取样分析部位示意

纹,金相组织均为枝状奥氏体(见图4~图6);三个位置的热影响区金相组织均为铁素体+ σ 相+颗粒状碳化物,组织结构较为粗大,其中2[#],3[#]位置热影响区较多晶界均有晶间开裂现象(见图7、图8)。



铁素体+碳化物
图3 2[#]位置母材(焊缝左侧) 100×



图4 2[#]位置焊缝中的夹渣及裂纹 100×



图5 2[#]位置焊缝中的裂纹尖端形貌 100×

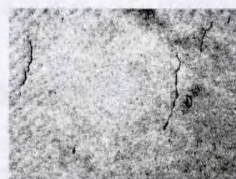


图6 2[#]位置、焊缝中的微小裂纹 100×



图7 2[#]位置个别晶界的开裂状况 100×



铁素体+ σ 相+颗粒状碳化物
图8 2[#]位置热影响区 100×

(3) 制造及焊接过程分析 ①材料的焊接特

点:焦炭塔的主体材料为15CrMoR/06Cr13复合钢板,15CrMoR属于低合金耐热钢,在焊后及焊后的再次加热过程中焊缝及热影响区容易产生热裂纹、冷裂纹和再热裂纹等缺陷;复层06Cr13的焊接材料为ENiCrF-3镍基耐蚀合金,镍基合金具有较高的焊接热裂纹敏感性,焊接时易产生凝固裂纹、多边形裂纹或液化裂纹等,在焊接收弧坑时易产生火口裂纹。镍基耐蚀合金焊接时,对焊件表面的清洁度要求高。镍基合金表面的氧化皮的熔点比母材高得多,容易形成夹渣或细小致密的、不连续的氧化物。②热处理不当原因分析:06Cr13铁素体不锈钢在400~525℃停留或在550~700℃长期加热,均导致此钢严重脆化。前者称为475℃脆化,后者则是由于 σ 相的形成所造成。06Cr13铁素体不锈钢在900℃以上加热时,伴随着晶粒粗化而带来脆性,即高温脆性,耐晶间腐蚀性严重下降。若热处理温度没有得到有效控制就可能出现上述情况;封头经冷压、焊接后局部焊接应力较大,所以热处理时应应力释放,出现表面脆性裂纹;该塔采用的热处理方法是内燃法,内燃法热处理燃料采用柴油,在高温情况下柴油燃烧后产生的硫、铅等有害气体对复层焊道的影响也可使复层焊缝表面产生裂纹。

(4) 工艺执行不当的原因 ①焊接及返修时没有严格执行焊接规程,使焊缝在焊后产生宏观和微观缺陷,如裂纹、夹渣、气孔及未焊透等。②室外及高空作业时,未设防风设施或防风设施效果较差。③焊接预热和后热效果控制不好,预热温度、层间温度和消氢处理时的温度控制不准或没有严格控制。④焊缝组对时的间隙和错边量过大,存在着强力组对现象,使焊缝焊后局部应力较大。⑤焊接部位和附近区域的清洁度较差,影响焊接及返修的焊缝质量。

3. 返修方案

(1) 缺陷打磨深度超过2mm需补焊处理,不超过2mm时圆滑过渡。

(2) 缺陷清除采用不锈钢砂轮机或抛光片打磨,避免连续打磨。

(3) 选择有经验的焊工施焊,焊条选择 $\phi 3.2\text{mm}$ 的小直径焊条。

(4) 铬钼钢部分的补焊采用正常的焊接工艺。

