

中压蒸汽管线裂纹原因分析及处理

汤文华 李 磊

中国石化塔河炼化有限责任公司

摘 要: 针对30万吨/年临氢异构化中压蒸汽分水罐V3321入口管线裂纹情况, 阐述了15CrMo管线裂纹产生的原因分析, 对管线裂纹进行异种钢材焊接堵漏措施进行研究, 并制定堵漏措施, 保证补焊后长周期运行的可靠性。

关键词: 中压蒸汽管道; 裂纹; 影响因素; 措施

引言

目前, 石油及化工装置常用的铬钼合金钢管, 主要有1Cr5Mo、15CrMo、1Cr9Mo等材料, 因为铬钼合金钢管具备耐高温、防腐蚀的性能。常被用于加热炉炉管、反应器进出口、中压蒸汽等高温高压部位的工艺管道。我公司30万吨/年临氢异构化装置中压蒸汽分水罐V3321入口管线的材质就是15CrMo, 运行温度为261℃左右, 上下波动3℃, 在蒸汽线法兰焊缝和管线与热电偶连接的焊道出现裂纹造成蒸汽泄漏, 泄漏长度分别为20mm和10mm(图1、图2), 需要对焊道裂纹进行修补。因为裂纹出现在蒸汽进装置主线上, 无法切除, 如果中压蒸汽泄漏增大无法使用, 将会影响异构化反应器进料加热器对反应原料的加热, 导致装置的非计划停工, 损失巨大。



图1 管线法兰焊道裂纹



图2 管线与热电偶连接焊道裂纹

1 裂纹原因分析

铬钼合金钢管的焊接性比较差, 焊接后在焊缝和热影响区等部位较易出现冷裂纹、再热裂纹、回火脆性等缺陷。

1.1 延迟裂纹

15CrMo合金管线具有较大的冷裂倾向。因为冷裂纹产生于焊接之后的冷却过程或冷却以后, 故也叫做延迟裂纹。延迟裂纹一般产生于焊缝或热影响区, 形成延迟裂纹的温度在200~300℃以下。15CrMo中的铬、钼等合金元素较大提高了15CrMo的淬硬性。大量科学研究证实, 焊接接头的含氢量、钢材的淬硬倾向以及接头的拘束应力是产生延迟裂纹的大三因素^[1]。焊接接头中的氢容易使金属产生氢脆。钢材中存在不可避免的晶格缺陷或微孔等, 当这些缺陷有约束应力的同时, 在其前沿会形成一个三向应力区, 诱使氢原子扩散和聚集在此三向应力区, 当氢浓度超过一定值时, 金属之间发生键的破坏, 缺陷逐步增大形成裂纹; 钢的淬硬倾向决定焊接后会产生的组织变化, 钢的淬硬性越大越容易形成片状马氏体组织, 片状马氏体组织不仅能促进氢脆产生, 还会为裂纹的扩展提供更为敏感的基体; 另外足够大的约束应力也是不可缺少的条件。延迟裂纹的产生与氢的扩散聚集、金属间键的破坏需要一定时间有关。因此此过程是在焊接之后的冷却过程或冷却以后就可以形成, 装置运行至今已接近4年, 所以此项可排除。

1.2 再热裂纹

再热裂纹是焊接接头焊后再加热(特别是在500~700℃的温度区间最容易产生)过程产生的裂纹, 其加热过程可以是焊后热处理工艺过程, 也可以是在高温运行期间或其它形式的焊接后的再加热过程。再热裂纹产生的区域内本身存在较大残余应力或应力集中, 再次加热时, 再热裂纹沿粗晶区的晶界逐步产生和扩大, 在加热过程中时实际塑性应变量大于粗晶界的塑性变形能力时就会产生裂纹。研究表明以下两个潜在因素: (1)对于含油沉淀强化元素的粗晶区而言, 焊接时, 钢中的沉淀碳化物、氮化物固溶在金属材料中, 由于焊接后冷却速度大来不及析出, 而在再次加热时碳化物、氮化物再次在晶内析出使晶内强化, 晶界相对弱化; (2)对于含有较多P、S、Sb、Sn、As等元素的钢而言, 再次受热时这些元素向晶界析出聚集, 会使晶界的耐蠕变能力减弱。现场中压蒸汽运行温度为265℃左右未到达再热裂纹的危险温度区间, 因此再热裂纹的可能性也不大^[2]。

1.3 低温回火脆性

回火脆性,是淬火钢回火后产生的脆化现象。按照产生脆性的回火温度区间,可分成低温回火脆性和高温回火脆性。低温回火脆性是指合金钢淬火得到马氏体组织后,在250~400℃温度区间回火使钢材脆化,刚才的韧性脆性转化温度明显升高。已脆化的钢材不能再用低温回火加热的方法消除,故又称为“不可逆回火脆性”^[3]。回火脆性主要发生在合金结构钢和低合金超高强度钢等钢种。已脆化钢的断口是沿晶脆性断口。产生低温回火脆性的原因,行业普遍认为:(1)在低温回火时渗碳体以薄片状在原奥氏体晶界析出,与晶界脆化密切相关。(2)杂质元素磷,在原奥氏体晶界偏聚也是低温回火脆性形成的原因之一。磷含量小于0.005%的高纯钢不会产生低温回火脆性。磷在加热时发生奥氏体晶界偏聚,淬火后保留下来。磷在原奥氏体晶界偏聚和渗碳体回火时在原奥氏体晶界析出,是造成沿晶脆断的两个原因,促成了低温回火脆性的形成^[4]。此次中压蒸汽管线的裂纹产生正是在3.5MPa蒸汽减温减压后的265℃左右蒸汽管道的焊接接头处,可判断出此处裂纹是15CrMo管线因低温回火导致的沿晶界脆性断口扩展的裂纹。

2 异种钢焊接

由于管道裂纹单纯补焊强度不能满足要求,用15CrMo材料补焊时,焊缝金属和热影响区的焊接接头内可能形成对延迟裂纹更敏感的淬硬组织,而且已脆化的钢不能再用低温回火加热的方法消除。因此裂纹修复考虑用可焊性好的0Cr18Ni9Ti不锈钢焊条进行补焊。

2.1 合金钢15CrMo焊接性

15CrMo属于珠光体耐热钢的一种,其焊接特性与低碳调质钢很相似。由于钢中的Cr、Mo等元素使过冷奥氏体的稳定性大大增强,所以焊接时热影响区有相应的淬硬倾向。珠光体耐热钢焊接接头的组织结构与机械性能并不一致,热影响区内接近熔合区的部位存在硬化区,在峰值温度部位则存在软化区。此外,焊接热影响区内还有冷裂倾向,需要焊后热处理和使用中要有消除应力裂纹措施。

2.2 不锈钢0Cr18Ni9Ti焊接性

0Cr18Ni9Ti不锈钢,由于含碳量低,且含有稳定化元素钛,具有较高的变形能力和不可淬硬性,焊接性较好,一般不会出现晶间腐蚀,在焊缝及热影响区不易出现缺陷,因此在保证焊材选型与焊接工艺正确的情况下可以得到很好的焊接接头,并且焊接后不需要进行热处理。

2.3 异种钢15CrMo与0Cr18Ni9Ti焊接接头可焊性

当15CrMo与0Cr18Ni9Ti两种材料焊接时,焊缝金属是两种不同类型的母材和填充金属熔合的。15CrMo的合金元素含量较低,而且焊缝金属的合金成分受到稀释,尤其是焊缝底层形成奥氏体组织的合金元素不足,焊缝可能会出现马氏体组织,影响焊接接头质量^[5]。焊缝金属的成分可通过不同的焊条和不同的熔比进行控制。实验研究证实采用A307焊条时焊缝金非常容易形成奥氏体和铁素体双相组织焊缝,而切

不易产生裂纹缺陷。另外采用含镍较高的A307焊条还有助于克服珠光体的稀释作用的影响,从而降低了焊缝中马氏体脆性层的宽度,抑制熔合区中其的扩散和改善接头的应力分布^[6]。焊接后,不需要进行热处理就能够得到令人满意的焊接接头。

3 处理措施

首先,确定好泄漏位置并将漏点边缘的杂质清理干净。焊接前先将螺母的焊接面用砂轮机打磨出一个弧度,使螺母弧度与泄漏处焊道曲面相贴合,以保证焊接的牢固。将不锈钢螺母覆盖住漏点,用A307焊条焊接,每层焊道接头互相错开,保证焊接严密性。为保证焊接安全和质量,将螺母四边对称点焊后再逐步焊接边缘。最后将涂抹上铁胶泥的螺杆拧到螺母上,拧紧后,把螺母和螺杆连接处焊接上,每层焊道接头互相错开(如图3、图4),保证焊接严密性。焊接后及时恢复保温进行缓冷降温。



图3 补焊后的焊道



图4 补焊后的焊道

4 结束语

此次中压蒸汽管线裂纹的产生在3.5MPa蒸汽减温减压后的265℃左右蒸汽管道的焊缝处,15CrMo管线焊缝因低温回火导致沿晶脆性断口扩展而成的裂纹。通过15CrMo与0Cr18Ni9Ti异种钢采用A307焊条焊接处理管线,漏点消除,经后期观察,补焊成功,运行稳定。

参考文献

- [1][2][4]王宗杰等.工程材料焊接技术问答[M].北京:机械工业出版社,2002.8:51~52,54~56,46~49.
- [3]杨瑞成等.珠光体耐热钢高温时效后基体力学性能的变化[J].钢铁研究学报,2002,14(6):40~43.
- [5][6]管家喜.保证15CrMo与0Cr18Ni9Ti异种钢接头质量[J].2001,第4期:38~40.