

H₂S 工况设备焊接流程的改进

张松松 张孜明 商帅帅 王奇斋 (山东科瑞油气装备有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 压力容器用 SA-516 Gr.70 钢在苛刻的 H₂ 和 H₂S 环境下因腐蚀裂纹和氢致裂纹迅速开裂, 据相关研究表明, 氢致裂纹的敏感性同 S 含量及带状组织存在密切关系, S 含量及带状组织减少则敏感性也降低。SA-516 Gr.70 (R-HIC) 钢是在冶炼过程中, 把含 S 量降低到 0.003% 超低水平, 并通过向钢中喷钙, 控制其夹杂物的形成, 从而具有抗氢致开裂能力, 并提高抗 H₂S 应力腐蚀能力。

关键词: HIC 试验; SSC 试验; H₂S 应力腐蚀和氢致开裂; 焊接控制流程

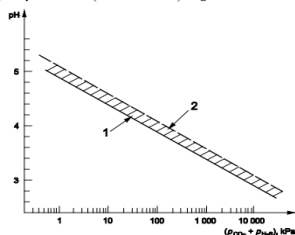
H₂S 应力腐蚀和氢致开裂是一种低应力破坏, 甚至在很低的拉应力下都可能发生开裂。一般说来, 随着钢材强度 (硬度) 的提高, 硫化氢应力腐蚀开裂越容易发生, 甚至在百分之几屈服强度时也会发生开裂。硫化物应力腐蚀和氢致开裂均属于延迟破坏, 开裂可能在钢材接触 H₂S 后很短时间内 (几小时、几天) 发生, 也可能在数周、数月或几年后发生, 但无论破坏发生迟早, 往往事先无明显预兆硫化氢应力腐蚀和氢致开裂对设备的安全运行构成了极大危害。

1 H₂S 工况的判断简介

按照标准 NACE MR0175 确定酸性环境的严重程度, 对碳钢和低合金钢 SSC (硫化物应力腐蚀开裂) 进行评价, 共分为 0 区、SSC1 区、SSC2 区、SSC3 区。其中 0 区 (pH₂S < 0.3kPa) 环境下选用的钢材通常不需要预防措施; SSC1 区、2 区和 3 区按照附录 A 选择抗 SSC 碳钢和低合金钢。

2 压缩机撬项目产品实例分析

压缩机撬项目里的一级进气洗涤罐设计压力为 3.1MPa, 工作温度 40~59℃, 工艺气组分中 H₂S 的摩尔百分比为 0.0048mol%, CO₂ 的摩尔百分比为 0.0340mol%, 按照计算公式, H₂S 分压 (pH₂S) = 设计压力 (3.1MPa) × H₂S 的摩尔百分比 (0.0048mol%) = 14.88kPa, 同理 pCO₂ = 105.4kPa。按照下图 1 确定 pH 值, pCO₂ + pH₂S = 120.28kPa, 原位 pH 值为 4.2 (20℃)、4.4 (100℃)。



图例: 1、T=20℃, 2、T=100℃

图 1 在 CO₂ 和 H₂S 压力下凝结水的 pH 值

根据上述得出的 H₂S 分压和原位 pH 值对其进行分区, 此产品属于 SSC3 区。按照业主提供的技术规格书中对与酸性介质接触的受压部件原材料的规定, 当产品属于做 SSC1 区、SSC2 区、SSC3 区任一时需对原材料做 HIC 试验, 当产品属于 SSC3 区时需对原材料做 SSC 试验。所以此次产品需对原材料做 HIC (氢致开裂) 试验和 SSC (硫化物应力腐蚀开裂) 试验, HIC 按照 NACE TM0284 标准进行试验, SSC 按照 NACE TM0177 标准进行试验。

3 HIC 试验过程简介

HIC 试验试样, 按照 NACETM0284 标准进行取样。

HIC 试验介质: 试验溶液为 A 溶液, 即 5% NaCl (氯化钠) + 5% CH₃COOH (冰乙酸) 溶解在蒸馏水组成, pH 值为 2.7。

HIC 试验步骤: ①试验前, 试样用肥皂水脱脂, 然后用酒精清洗, 将处理好的试样夹在专用的有机玻璃试样架上, 放入试验容器中, 待溶液注入试验容器后将容器密封; ②试验压力为常压, 试验温度为 25 ± 3℃; ③以 100mL/min 的速度通入氮气 1h 脱氧; ④关闭氮气, 以每分钟每升溶液 200mL 的速度通入 H₂S 气体 1h, 然后保持 H₂S 气体为正压, 持续 96h; ⑤通气完毕后, 取出试样在流水中清洗, 并用酒精清洗, 在冷风中吹干; ⑥按照标准进行金相观察。

按试验标准的要求放大 100 倍对试样进行检查, 评定试板的裂纹敏感率 (CSR)、裂纹长度敏感率 (CLR)、裂纹厚度敏感率 (CTR)。合格指标为 CSR ≤ 2%、CLR ≤ 15%、CTR ≤ 5%。本次试验未出现裂纹, CSR、CLR、CTR 数值均为 0, 试验合格通过。

4 SSC 试验过程简介

SSC 试验试样, 按照 NACE TM0177 标准进行取样。

SSC 试验介质: 试验溶液为 A 溶液, 即 5% NaCl (氯化钠) + 5% CH₃COOH (冰乙酸) 溶解在蒸馏水组成, pH 值为 2.7。

SSC 试验步骤: ①试验前, 试样用肥皂水脱脂, 然后用酒精清洗, 将处理好的试样夹在专用的四点弯曲工装上, 给试样施加 80% 实际屈服的力, 将试样放入试验容器中, 待溶液注入试验容器后将容器密封; ②试验压力为常压, 试验温度为 24 ± 3℃; ③以 100mL/min 的速度通入氮气 1h 脱氧; ④关闭氮气, 以 200mL/min 的速度通入 H₂S 气体 1h, 然后保持 H₂S 气体为正压。试验期间每周三次补充 H₂S 气体; ⑤试验在 720h 或所有试件都断裂后结束通气完毕后, 已先发生者为准则。取出试样在流水中清洗, 并用酒精清洗, 在冷风中吹干; ⑥按照标准进行金相观察。

按试验标准的要求放大 10 倍目视检查开裂痕迹, 发现有裂纹的试件被视为破裂。本次试验未出现裂纹, 试验合格通过。

5 公司前期项目焊接控制流程及总结

前期承接的抗硫化氢压力容器和压缩机撬项目对焊接控制的流程为:

首先对与酸性介质接触的受压部件原材料 (板材、锻件、管件)、焊材其 CE (碳当量)、S、P 含量进行严格要求 (一般为 CE ≤ 0.2%、S ≤ 0.003%、P ≤ 0.015%), 原材料和焊材厂家出厂之前按照 NACE (下转第 162 页)

级以上,要保证无损检测的管道都达标。

3 结束语

综上所述,在很多的化工企业中,机械设备的安装质量会对化工生产造成直接的影响。所以,在做化工机械设备的质​​量控制工程时,就需要结合实际情况采用相应的措施,并任用专业素养比较高的工作人员。在不同的环节做好安装材料以及化工设备审核的工作,不管是哪一个环节都需要有一个比较严格的工作标准,这样可以有效的确保不同环节的责任人追责制度,一旦出现了比较严重的问题,可以及时的发现问题并解决问题,将责任都落实到个人身上。最后,还需要进一步的做好化工设备材料的相关

(上接第 160 页)量,需要对操作人员进行定期的培训,确保操作人员可以依照焊接要求严格执行。建立健全焊接人员工作的管理制度,做好操作流程规范和实时记录填写。另外,需要关注焊接人员的价值观和人生观,确保每个操作人员都能够在压力容器的焊接工作中,保持正确向上的态度,进一步加强焊接的质量。

3.3 焊接后质量控制

在焊接工作基本结束以后必须要开展检验工作。在焊接过程中人为因素、天气因素等都有可能对焊接质量造成一定影响。为了保证压力容器能够正常开展工作,一定要在焊接结束后开展全面的检验。检验工作是否全面仔细对压力容器能否正常投入工作有深刻影响,按揭后的检验也是判断焊接质量高低的一个重要环节。焊接检验一般包括以下三种形式:外观检验、无损探伤以及耐压检验。无损探伤的目的在于发现材料内部是否存在裂纹,构建残余应力以等各种缺陷情况。外观检测,顾名思义就是快速识别压力容器的外观是否存在明显的缺陷问题。比如说如果压力容器存在未焊透、未熔和等问题时,就可以对尺寸进行检查,判断尺寸是否满足相应的规定与要求。如果说尺寸满足条件就不用开展返修处理。针对裂纹问题,如果裂

(上接第 159 页)TM0284 和 NACE TM0177 进行 HIC 和 SSC 试验,并出具有效的合格证明文件。然后在原材料到厂后,按照原材料的炉批号和 PQR,对其制作 HIC 和 SSC 试板,焊接完成后进行无损检测和模拟焊后热处理,再委托具有 NACE 资质的检测公司进行 HIC 和 SSC 试验。试验合格再进行实际生产。

试验费用方面:国家专业检测机构一组 HIC 和 SSC 试验费用约为 2.5 万元,每次需要制作大约 10~15 组,试验总费用为 25 万~37.5 万,增加了产品的实际成本。另外试验周期约为两个月左右,影响产品的正常生产和交付周期,从而大大降低了市场竞争力。

6 就此问题与业主进行沟通

就 HIC、SSC 试验的问题我方与业主从技术方面进行了有效的沟通:①根据压缩机撬项目,技术文件要求,受压件原材料采购时对原材料(板材、锻件、管件)及其焊缝进行 HIC、SSC 试验要求;②我司制造过程中对含 H₂S 的酸性工况产品的焊接控制,按照对所有受压且与介质接触焊缝的 PQR 进行 HIC、SSC 试验,用于验证焊缝的双抗性能,不再单独做 HIC 和 SSC 试板。最后与业主达成一致,

管理工作,要考虑化工设备的经济效益和环境适应性,这样能有效的提高工作的效率,促进化工企业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 侯淑梅.CAD 在化工机械设备制图中的运用—评《化工机械》[J]. 分析测试学报,2020(3):I0004-I0004.
- [2] 汪祖洪.化工机械设备新技术,新工艺,新产品技术交流会在桂林举行[J]. 化工进展,1998,01:54-54.
- [3] 高毅.机械设计过程中机械设备材料的选择和应用研究—评《化工机械基础》[J]. 材料保护,2020,v.53; No.501 (10):163-163.

纹的尺寸也在相应的标准之内就可以使用通打磨的方式加工处理,如果尺寸超出了一定范围,要开展补焊工作。充分使用这三种检验形式,开展全方位焊接后治疗调查与检测,保证压力容器在后期开展工作时不会出现潜在危险。

4 结束语

相关操作人员的技术水平、工艺方法、环境、原材料和机械设备都会对焊接的质量造成直接的影响,所以一定要从这五方面着手,有效的提高焊接的质量和水平,规范焊接施工操作现场,对所焊接的产品进行检验,确保其符合生产标准才能出厂,从而避免因为焊接质量不达标而造成事故。

参考文献:

- [1] 虞伟锋.压力容器焊接缺陷分析与防治措施[J]. 现代物业(中旬刊),2019(02):53.
- [2] 宁秀娟.谈压力容器焊接与质量控制[J]. 化工管理,2020(04):143.
- [3] 刁文军.压力容器焊接质量控制技术探讨[J]. 设备管理与维修,2020(20):125-126.
- [4] 刘开分.浅析压力容器制造中的焊接技术与质量控制[J]. 城市建设理论研究(电子版),2019(01):88.

同意我方方案。

7 新焊接控制流程总结

此新焊接控制流程实施以后,对压缩机撬项目所用 PQR 进行 HIC、SSC 试验,比原先使用 HIC、SSC 试板节省试验费用约 20 万元,并且在以后每次生产此类材质含 H₂S 酸性工况的产品,都可以应用此 PQR,每次节约 20~30 万元的 HIC、SSC 试验费用,大大降低了生产成本,同时缩短了生产周期,提高了产品的按时交付率,增强了公司对此类产品的市场竞争力。

8 结论

通过此次问题的改进,深深体会到技术人员不应局限于原有的思维模式,应该多参加一些厂内外技术交流活​​动,提高自己的技术水平和知识面,开阔自己的视野,从而更加合理高效的应用到自己的工作上去,少走许多弯路。

参考文献:

- [1] NACE MR0175-2015.含硫化氢油气田上游设备和管道的主要选材标准[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [2] NACE TM0284-2016.管道和压力容器用钢抗氢致开裂性能评价的试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2016.