

39-41

锅炉及压力容器应力腐蚀开裂的在役检验

贡学刚

(大庆石油化工总厂机动处,大庆 163714)

TE985

摘要 锅炉及压力容器除了焊接引起的裂纹外,还存在着由腐蚀性环境而引起的腐蚀开裂。在拉应力和腐蚀介质的共同作用下引起设备开裂的现象时有发生。结合在用设备的定期检验工作,总结出不同腐蚀环境下钢材的开裂行为、影响因素、防治措施及检验要点,并提出相应的意见和建议。

关键词 锅炉 压力容器 应力腐蚀开裂 定期检验

石化工程

1 前言

根据锅炉及压力容器焊缝区开裂的本质可以将其分成两大类:第一类是由焊接过程本身引起的裂纹,除部分延迟裂纹、应变脆化裂纹外,都可在设备投入运行前及时发现;第二类是由设备的使用环境而引起的裂纹,主要为应力腐蚀裂纹和氢诱导裂纹^[1]。结合在用设备定期检验工作,着重了讨论常见的应力腐蚀裂纹问题,为及时发现应力腐蚀开裂,避免灾难性事故的发生提供一些借鉴。

2 应力腐蚀开裂的特定条件

应力腐蚀开裂取决于金属的力学性能与组织、介质性质、介质有无某种杂质及介质参数等。钢的应力腐蚀开裂产生在下列介质中:含硫化氢、氨、氯化氢及二氧化碳的溶液,碱、硝酸盐及氯化物的溶液、酸溶液、含二氧化碳、氧气等杂质的液氨等。然而,并不是任何材料在上述介质中都会发生应力腐蚀开裂,开裂仅发生在有限的特定的介质—合金偶对中。材料与腐蚀环境的组合具有选择性,即不同材料容易发生应力腐蚀开裂的环境不同。

具备了腐蚀环境,拉应力的存在也是发生应力腐蚀必不可少的条件。在生产实践中发现,绝大多数设备中存在拉应力。在制造、安装过程产生的残余应力,如冷作、焊接、热加工、强行组对等引起的残余应力,是诱发应力腐蚀开裂的主要应力来源。

材料中存在微裂纹等微观缺陷是不可避免的。应力腐蚀开裂就是适宜的腐蚀环境、拉应力的作用及微裂纹的存在这三者相互作用的结果。

在检验过程中,一般只要鉴别出特定的介质—合金偶对,再对该组合下发生应力腐蚀的特定条件进行分析,就能判断此设备是否有应力腐蚀开裂倾

向,从而制定相应的检验方案,确定检验方法。

3 电解质浓缩环境产生的应力腐蚀开裂

锅炉和换热设备运行过程中大量使用工业水作为介质,一般工业水中都含有无机盐,即使经过处理后水中也存在一定量的盐份。通常情况下,就工业水中的无机盐含量而言,不会引起应力腐蚀开裂,但在某些特定环境下,经过盐的浓缩,在局部环境下形成一个高浓度的环境,这些地方经常会诱发应力腐蚀开裂。

3.1 锅炉受热面

水冷壁管、上升管等焊口部位的汽、水走向突变段如炉膛口、喷燃器附近的管段,汽水流通阻力增大,容易在这些部位形成水垢。水垢与管壁之间就形成了盐份浓缩、碱度增大的环境,随着碱度的增大,引发应力腐蚀的机会也大大增加。

另一方面,这些部位的应力水平一般都不高,在检验过程中,应首先进行硬度测定,间接考察其应力水平,然后再确定是否进行超声波或割管检查,这样对减少工作量,缩短工期有很大益处。

3.2 锅炉汽包进水管

锅炉汽包进水管大多采用外焊套管,套管与汽包筒体焊接的连接形式,由于结构原因,套管与进水管之间的狭小空间内水循环不畅,容易形成电解质浓缩环境,形成局部碱度增高。加上结构突变、焊接残余应力及强行组对所形成的应力集中环境,两者的紧密结合为应力腐蚀的产生提供了良好的环境。若采用大直径套管、进水口前加挡板的结构,会大大降低应力腐蚀开裂的几率。

3.3 换热器管板区

换热器管板与换热管的连接一般都是管板外

收稿日期:1998-02-23。

侧的填角焊缝这种接头形式,管板相对较厚。在管板与换热管外壁之间非常小的缝隙中往往浓缩了大量的盐份,形成局部碱度很高的环境,在焊接残余应力和温差应力的作用下,该区域极易诱发应力腐蚀开裂,造成换热器泄漏。

由于结构原因,在裂纹扩展期间进行检验是不可能通过表面探伤来发现缺陷的,一般只能通过压力试验的手段进行检验,否则极易漏检。在实践中发现,降低应力水平是有效遏制应力腐蚀开裂的方法,具体作法如下:

- (1) 在满足强度要求的前提下尽量选用低匹配的焊接材料;
- (2) 在焊缝区外预留缓冲槽;
- (3) 焊前预热;
- (4) 焊后进行消除应力热处理;
- (5) 热处理后增加一个胀管工序,消除换热管与管板孔之间的间隙。

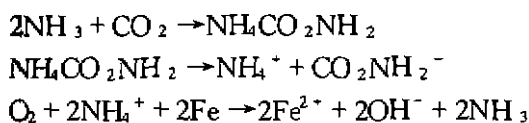
3.4 补强圈及支承护板

压力容器人孔、手孔、接管孔等开孔部位通常采用补强圈补强结构,一般补强圈上都有信号孔。介质或受污染的雨水如果通过信号孔进入补强圈与筒体之间的空隙,蒸发后也能形成局部的电解质浓缩而诱发应力腐蚀开裂。未满焊的支承护板也存在同样的问题。

检验中除了要要进行外观检查外,对补强圈和支撑护板的角焊缝还应当进行表面探伤检查。

4 液氨贮罐的应力腐蚀开裂

当液氨中含有 O_2 和 CO_2 等杂质时会发生如下反应^[2]:



因此可以看出,受到 O_2 和 CO_2 污染的液氨环境可以诱发应力腐蚀开裂。液氨的应力腐蚀裂纹大多数为横向裂纹,发生在焊缝及其热影响区和冷变形剧烈的部位。处在液相区的罐体上的裂纹多于气相区。这些区域是表面探伤的重点部位。值得注意的是,液氨贮罐的应力腐蚀裂纹一般细小而狭窄,渗透探伤对其检出率很低,只有采用磁粉探伤法才能有效地检测。

另外,裂纹内部充满了导磁率与母材相差很小

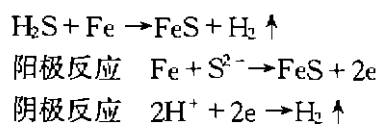
的腐蚀产物,因此在进行磁粉探伤时必须采用较高的磁场强度(60 奥斯特以上)才能有效地进行检测。有关资料表明,低碳钢和低合金钢的硬度值低于 HV210 时,一般不会在液氨环境下发生应力腐蚀开裂。因而检验初期的硬度测定是非常必要的,对检验工作起到一定的指导作用。

控制液氨贮罐的应力腐蚀开裂应该从设计、制造、安装、使用等方面综合考虑。

- (1) 优先选用屈服强度低的材料;
- (2) 焊后进行消除应力热处理;
- (3) 避免强行组对;
- (4) 对有焊疤和电弧击伤的表面要在热处理前打磨光滑,填满弧坑并作表面打磨处理;
- (5) 液氨的贮存温度不应高于 $-5^\circ C$;
- (6) 采用中低强度钢制造的液氨贮罐,在工艺条件允许的情况下,液氨中应加入 0.2% 以上的水作为缓蚀剂;
- (7) 避免液氨接触 O_2 和 CO_2 ;
- (8) 定期分析、监控液氨中的水含量及氧含量。

5 含硫化氢介质中的应力腐蚀开裂

钢材在未经严格脱硫、脱水的液化气、轻烃等介质中,很容易产生应力腐蚀开裂,而且几乎是不可避免的。在有水存在的条件下,即使硫化氢的浓度只有 10×10^{-6} 也会使钢产生应力腐蚀开裂^[3]。而焊接残余应力、强行组对产生的拘束应力、弯曲应力以及负载应力又构成了应力腐蚀开裂的应力条件。在湿硫化氢环境中会发生如下反应^[4]:



从反应式中可看到,在湿硫化氢环境中除了会诱发应力腐蚀开裂外,还有诱发氢诱导裂纹的可能。

在常温状态下,也会产生硫化氢引发的应力腐蚀开裂。裂纹一般起源于焊缝区域,尤其是热影响区的纵向裂纹居多。裂纹中除夹杂着大量的腐蚀产物外,有时还具有氢诱导裂纹的特征。在检验中,除了进行表面探伤外,还应辅以必要的超声波探伤,以避免单纯氢诱导裂纹的漏检。一般将硬度值 $HB \geq 235$ 的碳钢、低合金钢的焊缝区域作为检查的重点部位^[5]。

6 结 论

钢的应力腐蚀开裂虽然是局部腐蚀的结果,但具有脆性断裂的特征,一般不产生明显的塑性变形,因此具有延迟性、隐蔽性和高破坏性的特点。锅炉、压力容器定期检验过程中,在准确鉴别特定介质-合金偶对,正确分析应力环境后,采用相应的检测手段就不难及时发现应力腐蚀开裂,避免灾难性事故的发生。

参 考 文 献

- 1 周振丰,张文斌. 焊接冶金与金属焊接性. 机械工业出版社, 1988. 260~268
- 2 张剑华等. 液氨球罐的开罐检验与返修. 工业球罐安全技术文集, 1984. 289
- 3 瓦西连科·麦列霍夫. 钢的应力腐蚀开裂. 国防工业出版社, 1983. 96~245
- 4 应道寰. 球罐的应力腐蚀及其防治措施. 工业球罐安全技术文集, 1984. 140~146

On-line Inspection of Stress Corrosion Cracks in Boiler and Pressure Vessels

Gong Xuegang

(Mechanical Power Department of Daqing Petrochemical Complex, Daqing 163714)

Abstract In addition to cracks resulting from welding in boiler and pressure vessels, there are also corrosion cracks due to corrosive environment. Affected by tensile stress together with corrosion medium, cracking phenomenon in equipment occasionally happens. In the light of periodic inspection to the in service equipment, the cracking behavior of steel material under various corrosive environment, affecting factors, preventing measures and inspection points are summarized, suggestions and recommendations are raised.

Key Words boiler pressure vessel stress corrosive cracking periodic inspection

1999年《聚氨酯工业》征订启事

《聚氨酯工业》系中国聚氨酯工业协会主办的公开发行的专业性科技刊物,全国统一刊号 CN32-1275/TQ。主要报导聚氨酯泡沫塑料、弹性体、涂料、胶粘剂、合成革、纤维等方面的新成果、新工艺、新产品、新设备和先进经验以及发展方向、动态、市场信息等。聚氨酯制品广泛用于石油化工、轻工、纺织、交通运输、汽车制造业、建材、电子、国防军工、卫生、农业等行业。

本刊为季刊,国内外公开发行。本刊系自办发行,需订购者请来信至本部索取订单,以便订阅,本刊从1999年起由原小16开本改成大16开本,全年订价40元(含邮装费)。

联系人:刘抗美

地 址:南京市北京西路72号《聚氨酯工业》

编辑部

邮 编:210024

电 话:(025)3708021-2063(发行组)

(025)3705672(直拨)

传 真:(025)3705672

欢迎订阅 1999年度 《石油化工技术经济》

《石油化工技术经济》杂志是由中国石油化工集团公司所属技术经济情报中心站和上海石油化工股份有限公司联合出版发行的技术类刊物,双月刊,每逢双月25日出版,大16开,全年定价36元。刊号 ISSN 1007-6467, CN31-1393/TE。本刊自办发行,如需订阅可直接向编辑部索取订单。编辑部地址:上海市金山区上海石油化工股份有限公司档案馆内,邮编:200540。电话:(021)57958244,联系人:任明珍。

欢迎订阅 1999年度 《金山油化纤》

《金山油化纤》杂志是由上海石油化工股份有限公司出版发行的技术类刊物,季刊,每逢季末25日出版,大16开,全年定价24元。刊号 CN31-1493。本刊自办发行,如需订阅可直接向编辑部索取订单。编辑部地址:上海市金山区上海石油化工股份有限公司档案馆内,邮编:200540。电话:(021)57958244,联系人:任明珍。