

● 失效分析 ●

爆炸焊不锈钢复合钢板结合面裂纹的判定

刘持森¹, 张宜²

(1.青岛港湾职业技术学院, 山东 青岛 266500; 2.齐鲁石化建设公司检测中心, 山东 淄博 255411)

摘要:通过对 X 射线底片中可疑影像的分析, 结合爆炸焊不锈钢复合钢板的成型过程, 利用金相检验、无损检测、受力分析等方法, 确定这一影像为爆炸焊不锈钢复合钢板结合面产生的裂纹。对可疑部位进行机械清理, 发现裂纹形态与分析结果相吻合, 为以后处理类似问题提供了判定依据。

关键词:爆炸焊; 复合钢板; 结合面; 裂纹; 判定

中图分类号: TG441.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2006)07-0065-02

Judge in Crackle of Explosive Welding Stainless Complex Steel Plate Conjoint Surface

LIU Chi-sen¹, ZHANG Yi²

(1. Qingdao Harbor Vocational Technology College, Qingdao 266500, China;

2. Qilu Petrochemical Construction Company Ltd. monitoring center, Zibo 255411, China)

Abstract: Through an analysis of suspicious image in the X ray film, combine the forming process of the explosive welding stainless complex steel plate, utilize the method of metallographic examine, harmless measure, analysed by strength etc., confirm this image as the crackle formed in the explosive welding stainless complex steel plate conjoint surface. Carrying on machinery clearance to the suspicious position, find the crackle shape identical with analysis result; have offered the basis of judging for similar problem after treatment.

Key words: explosive welding; complex steel plate; conjoint surface; crackle; judge

爆炸焊不锈钢复合钢板以其足够的强度、较好的耐蚀性、相对低廉的价格, 在耐腐蚀设备制造中得到了广泛的应用。但由于是复合钢板, 基层与覆层的结合面在加工中便容易产生缺陷。

在对爆炸焊不锈钢复合钢板制造的容器筒体和封头进行 X 射线检验时, 曾出现过图 1 所示的情况^[1]。从影像形态观察黑色线条颇似裂纹, 但真正的裂纹是两端尖锐、中间宽、形状不规则, 呈片状

或撕裂状^[2]。当时对图中的黑色线条是否裂纹产生了争议。若是裂纹则会影响容器的质量, 必须进行返修; 若不是裂纹而盲目返修则会造成不必要的损失。为保证制造质量必须做出正确的判断。

1 爆炸焊不锈钢复合钢板成型原理

1.1 材质

容器选用 20R+316L 爆炸焊不锈钢复合钢板, 基层为 20R 钢板, 厚度 22 mm; 覆层为 316L 超低碳奥氏体不锈钢, 厚度 3 mm。

1.2 成型原理^[3]

爆炸焊是一种动态焊接过程, 见图 2。基层 1 固定在底座 3 上, 覆层 2 与炸药 5 之间有缓冲保护层 4。焊接时, 炸药以 V_D 爆轰速度驱动覆层作高速运动, 并以适当的碰撞角 β 和碰撞速度 V_p 与基层发生倾斜碰撞。在碰撞点前方产生金属喷射, 称再入射流, 见图 3。它具有清除表面污染的“自清理”作用, 然后在高压下纯净的金属表面产生剧烈的塑性流动, 从而实现基层和覆层的牢固结合。

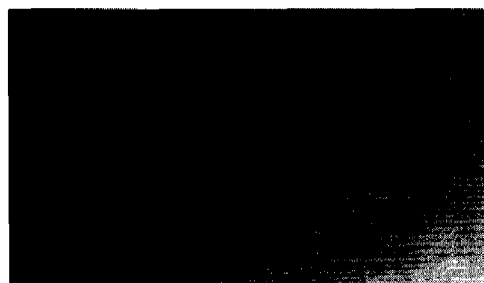


图 1 X 射线底片

收稿日期: 2005-12-24

作者简介: 刘持森(1969-), 男, 山东淄博人, 高级工程师, 主要研究

方向: 金属材料检验; 电话: 13210128069;

E-mail: qdglwics@163.com

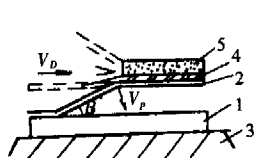


图2 焊接过程

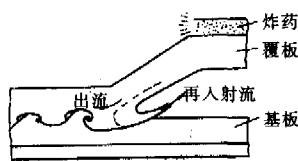


图3 结合面的形成

1.3 结合面形态与性质

图4为爆炸焊接完成后,两金属材料之间形成的波状冶金结合状况。整个结合面是由曲线结合区和漩涡区组成,波峰两侧均有漩涡,右侧为前漩涡,以基层成分为主,左侧为后漩涡,以覆层成分为主。漩涡内部由熔化物组成,又称熔化槽,熔化槽呈孤立隔离状态,内部为铸态组织。良好的焊接结合面应由均匀细小的波纹组成。

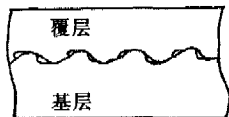


图4 结合面形态示意图

图5为采用硝酸酒精腐蚀后的结合面显微状况。图中显示结合面呈正弦波形态,两波峰间距约2.0~2.5 mm。箭头所指黑色区域是前漩涡形成的前熔化槽。前熔化槽化学成分以20R为主,少量

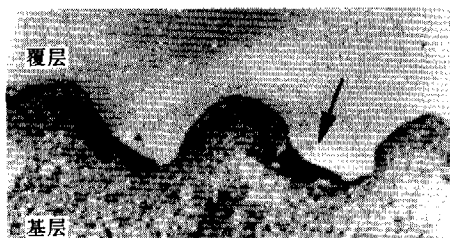


图5 前熔化槽 ×100

覆层316L熔入其中。20R含C量远远高于316L,C元素结合覆层中熔入的Cr、Mo便形成碳化物,故用5%硝酸酒精腐蚀后即可显示前熔化槽。但后漩涡形成的后熔化槽此时则无法显现。

图6为试样同一部位改由王水腐蚀,箭头所指是凸显出来的后熔化槽。后熔化槽化学成分以覆层316L为主,少量基层20R熔入其中,Cr、Ni含量偏高,故用王水腐蚀才可显现。20R中的C元素以及在爆炸成形后由基层向覆层迁移的C

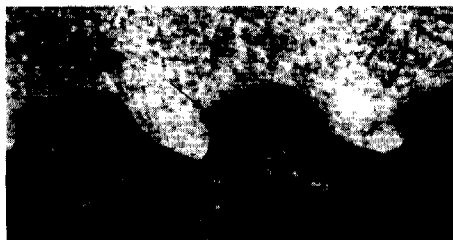


图6 后熔化槽 ×100

元素,使得后熔化槽中C含量升高,C同样会结合Cr、Mo形成大量碳化物^[4]。

将熔化槽放大500倍可看到脆性粒状碳化物分布其间连接密集,有的成片分布、有的聚集成直线,结合面在承受外载荷时容易沿此线开裂,是潜在的裂纹源,见图7。

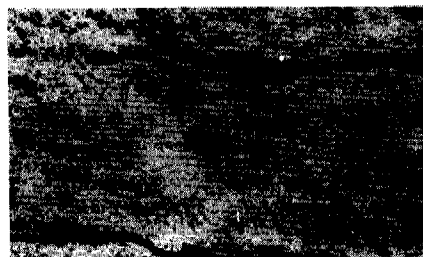


图7 碳化物形态 ×500

2 结合面裂纹形成分析

2.1 容器筒体和封头成型受力状况

筒体和封头在旋压成型时,覆层、基层均受强大的压应力,使得径向产生延展,而厚度方向则受压变形。当旋压完成卸除外力后,覆层、基层均发生回弹,由于熔化槽塑性差、回弹量少,这就使得在熔化槽部位产生回弹差别,基层、覆层回弹时对熔化槽产生拉应力,见图8。

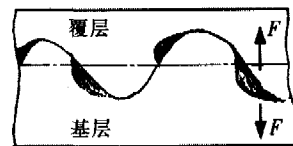


图8 成型受力示意图

2.2 结合面裂纹的形成

为判断裂纹形态,取复合板试样进行弯曲试验。弯曲时覆层为受拉伸面,弯曲压头直径选择24 mm,待结合面产生裂纹后进行观察。图9箭头1、2所指为前、后熔化槽产生的一组裂纹。

熔化槽中碳化物性脆、塑性低,在巨大外力作用下,熔化槽内部首先产生裂纹使熔化槽破碎、

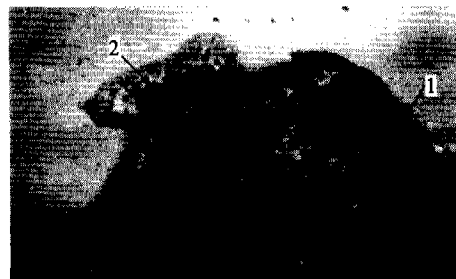


图9 前、后熔化槽中的裂纹 ×250

(下转第69页)

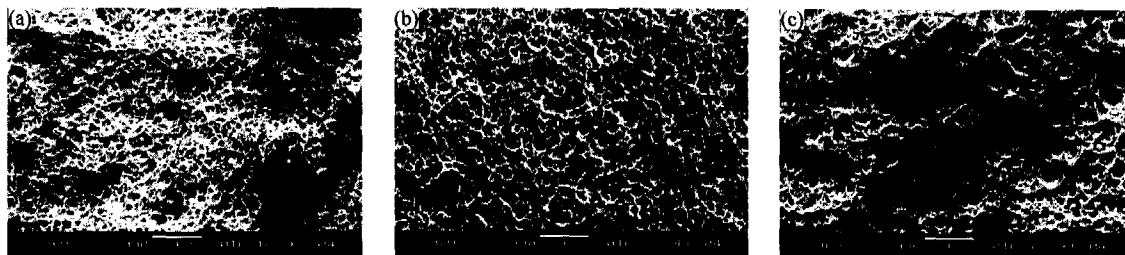


图2 试样在不同载荷下的断口 SEM 形貌(a-180MPa;b-230MPa;c-280MPa)

3 结论

(1) 高温下不锈钢材料焊接接头中的蠕变失效主要表现为空洞随时间的增长而逐渐长大并相互交会连接的过程, 空洞长大到一定程度便会形成裂纹。

(2) 随着温度的提高, 断口中空洞的尺寸趋于增大, 空洞密度增加。随着载荷的增加, 空洞的尺寸增大, 但不及温度对其的影响。

(3) 夹杂物对蠕变失效行为影响较大, 它可成为空洞的发源地, 在焊接生产中应尽量降低焊缝中的夹杂物含量。

(4) 低温破断断口分析方法对制样者的制样技艺要求不高, 有利于减小因制样水平不高而引

起的对试验结果的不利影响。

参考文献:

- [1] Viswanathan R, Stringer J. Failure mechanisms of high temperature components in power plants[J]. *Journal of Engineering Materials and Technology*, 2000, 122(7): 246-255.
- [2] 魏文光. 金属的力学性能测试[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [3] 屈金山, 王元良. 分析评定焊接接头蠕变破坏的一种新方法[J]. *焊管*, 2001, 24(2): 29-33.
- [4] 屈金山, 车小莉, 刘力菱. Cryo-Cracking 方法及其在焊接接头蠕变断裂失效分析中的应用[J]. *热加工工艺*, 2001, (4): 18-20.
- [5] 崔约贤, 王长利. 金属断口分析[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1984.
- [6] Lemaite J, Chaboche J L. 固体材料力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1997.
- [7] 哈宽富. 金属力学性质的微观理论[M]. 北京: 科学出版社, 1983.

H

(上接第 66 页) 割裂, 而外部的覆层或基层塑性好, 受到的伤害较少, 故裂纹部位主要分布在波峰两侧的熔化槽中。熔化槽并非呈尖锐状或撕裂状, 而是呈不规则的孔洞状, 裂纹基本被包容在熔化槽内部, 波峰及波谷完好, 其余部位无裂纹产生。大量孔洞状的熔化槽平行分布, 反映到 X 射线底片上就形成符合图 1 的影像形态。可断定, 图 1 中的黑色线条是筒体和封头受力后在结合面产生的裂纹。

3 裂纹验证

根据 X 射线底片上的显示位置, 在不锈复合钢板上划定部位, 先用砂轮机将可疑部位框出, 然后从覆层向下磨, 当磨至 2-3 mm 时开始出现裂纹缺陷。将覆层全部磨掉, 用渗透检验, 此时可看到剥离的基层表面呈波状分布, 结合面熔化槽内布满裂纹, 开裂部位长短不一, 且有些成片状夹层。部分裂纹向基层扩展, 但扩展深度很浅, 继续深磨 1 mm 裂纹消失, 见图 10。

4 结论

(1) 对出现的可疑影像进行理论分析和实际验

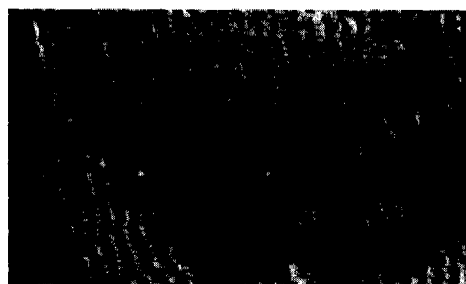


图 10 实际裂纹状态

证, 确定此影像为结合面裂纹, 这种缺陷必须加以返修。

(2) 结合面裂纹与熔化槽受力拉长、变形和开裂有关。爆炸焊不锈复合钢板压力加工时不要长时间反复碾压。

(3) 产生裂纹的多少与复合板质量有关。容器制造单位要选择波纹均匀细小、熔化槽细微的爆炸焊不锈复合钢板, 以减少产生裂纹的可能性。

参考文献:

- [1] JB4730-1994, 压力容器无损检测[S].
- [2] 顾海根. 爆炸焊不锈复合钢制压力容器[J]. *压力容器*, 2002, (12): 6-15. H