

# 不锈钢复合板压力容器制造过程中 存在问题分析

●陈明英 张世超 孙向元



**[摘要]** 随着工业生产材料不断发展进步,不锈钢复合板凭借自身较高的耐腐蚀性能,在多个领域中应用范围越来越广泛,推动不锈钢复合板压力容器的普及与推广。本文从不锈钢复合板压力容器制造过程入手,以实际案例对压力容器焊接工艺和压力容器纵缝和环缝对口错边量控制进行分析,并提出具体控制措施,旨在提升压力容器的制造质量。

**[关键词]** 不锈钢复合板;压力容器;制造过程

**现**阶段,工业生产技术不断进步,为各行业生产改进和优化提供了推动力量。不锈钢复合板压力容器作为一种密封装置,由于其特殊性能在石油化工行业应用较为普遍,具有较强的耐腐蚀、抗压力特点,具有良好的应用效果。下文根据某醚化反应器为例,对不锈钢复合板压力容器制造过程中存在问题进行分析,以期提升压力容器的运行安全性、可靠性。

## Q 案例分析

以某醚化反应器生产制造为例,该容器内径为2500mm,长度为25m,材质为不锈钢复合板,碳钢基层厚度分别为21mm和10mm,而覆层厚度一般为3mm,导致焊接工作量大且操作复杂,对于容器焊接要求较高。该容器体积呈筒形,直径大而板厚小,制作过程中很容易出现刚度不足、对口棱角度和错边等问题,导致容器变形,为此,不锈钢复合板压力容器制造过程中存在诸多挑战急需采取相关措施加以解决。

## Q 压力容器焊接工艺

### (一)压力容器接头焊接工艺设计

对于不锈钢复合板压力容器制造而言,基层和覆层交界处焊接工作较难,主要是因为交接处的焊接钢板属于异种钢焊接工艺,需要根据不同材质的物理、化学成分来选择接头形式。对于复合钢板焊接接头来说,基层、覆层及过渡层焊接工作应重点分析,最大限度减少第一焊道稀释问题出现概率,为了进一步保障复合钢板的综合性能,一般采用分别

焊接的方式进行基层和覆层处理。这个过程中还需要考虑过渡层焊接工艺,最大化降低覆层一侧焊接量,这样可以起到保护复合钢焊接接头的作用,减少提升其耐腐蚀性能,为此,其施工流程如下:第一步基层焊接,第二步过渡层焊接,第三步覆层焊接。该筒体纵、环缝焊接设计如下图1所示。

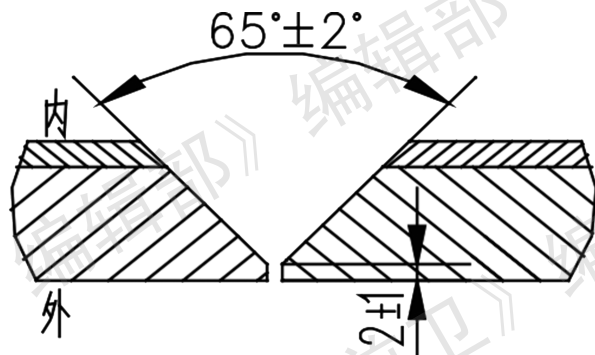


图1 倒V形坡口示意图

### (二)焊接材料的应用

不锈钢复合板压力容器制造中焊接作为一项关键性的环节,材料选择至关重要,不合适的焊接材料很容易出现稀释等问题,这样就很容易出现马氏体淬硬组织的现象,由于焊接工序中铬、镍元素较为常见,如果渗入钢基层中就会导致其出现脆化、裂纹的问题。为此,在过渡层焊接过程中,为提升过渡层焊缝质量,就需要合理选择焊接材料,如果采用含有铬、镍元素材料较高的材料,应选用小电流进行焊接,以此实现降低熔合比的目的,保证焊缝铁元素含量满足需求,以便于提升其抗裂效果,这样能够有效提升基层保护

效果,使其不受到稀释。如下表 1 所示,为醚化反应器焊接过程中不同焊接层所使用的焊接方法和材料。

表 1 醚化反应器焊接各层的焊接方法和材料表

| 焊接层  | 基层                     | 过渡层            | 覆层                     |
|------|------------------------|----------------|------------------------|
| 焊接方法 | 埋弧焊/手工电弧焊              | 手工电弧焊          | CO <sub>2</sub> 气体保护焊接 |
| 焊接材料 | E5015 焊条<br>H08Mn 埋弧焊丝 | E309 焊条<br>或焊丝 | E347 焊丝                |

### (三)焊接过程

不锈钢复合板压力容器制造过程中,只有基层与覆层之间的连接处焊接工艺是异种金属,基层焊接作为第一道工序,应保证焊接缝焊接质量不会出现熔透覆层的现象,以此预防出现脆化、裂纹问题,并保证按照常规焊接电流的方式进行焊接。焊接过渡层时,应尽可能采用小电流焊接的方式进行焊接,这样可以在保证焊透的基础上起到降低稀释母材焊缝的作用。之后,采用窄焊道的焊满覆层,一般选择小直径焊条材料以便于减少焊缝稀释作用。如果采取自动焊工艺,可以采用摆动焊丝、多丝焊的方式降低焊接熔合比,这个过程中可以使用直流正接方式。

### (四)焊接缺陷种类和控制措施

#### 1. 焊接缺陷种类

不锈钢复合板压力容器焊接过程中,由于存在一些影响因素导致焊接质量存在一定缺陷,主要包括以下几个方面。

(1)未熔合缺陷。导致这种问题出现的主要因素在于焊接操作不规范,根据过渡层焊接工艺要求,应采取较小的焊接线能量,而在实际焊接中,部分焊工存在经验不足的情况,导致电流较小,如果焊接速度较快的情况下,就会导致在两侧坡口上电弧的停留时间不够,无法满足焊接需要,这样就会出现熔合状态不佳的现象,进而导致金属与母材熔合不重复充分。

(2)夹渣缺陷。夹渣缺陷出现的主要因素是因为焊接过程中出现了电流偏大的问题,如果焊条角度不规范,就会导致稳弧时间较短,进而出现夹渣缺陷。尤其是在进行基层和覆层焊缝最后一层时,电流控制至关重要,如果偏大就会出现两侧坡口咬边的问题。而对于过渡层焊接工作来说,由于应用范围改成了小范围,那么当金属处于液态时,就容易出现填充金属黏度大的问题,焊接过程中咬边的熔渣不明显,待其凝固以后熔渣便形成了夹渣。

(3)裂纹缺陷。这种问题在焊接过渡层时出现频率较高,其产生原因包括不锈钢层清除不彻底、焊工工艺参数掌握不当、返修处理不佳三个方面。对于不锈钢基层清除不彻底影响因素来说,一般是针对坡口两侧位置不锈钢成分有少量残留,焊接中会导致不锈钢成分融入基层焊缝,这样裂纹便会形成。而焊工工艺参数掌握不当问题主要是针对施工人员,在完成焊接以后就会出现焊道高度、宽度不满足的

问题,这样在进行过渡层焊接时,金属成分占比较高,出现裂纹的风险也较高。再加上,上一道施工中金属融入焊道,增加裂纹出现概率。针对返修后的焊缝裂纹出现一般是因为焊条与返修焊道不相符,在焊接时导致残留基层出现飞溅问题,进而导致裂纹问题。

#### 2. 焊接质量监控措施

不锈钢复合板压力容器焊接中,合适的坡口形式以及焊接顺序能够很好地保证焊缝两侧焊接质量。在焊接中需要采用钢丝刷或砂轮机将坡口两侧处理干净,之后采用排焊的方式进行施工,并且焊条不应当出现横向摆动的现象,以便于更好地控制焊道的熔深。对于复合板焊接工作来说,熔合深度对于痕迹质量影响是非常大的。在实际过渡层焊接过程中,熔深和电流控制应尽量小,如果电流、熔深过大,那么就会导致基体金属渗透过滤层产生裂纹。为此,要严格控制各层焊道的尺寸,尤其是基层焊接工作,应做好覆层表面保护措施,避免出现飞溅物与覆层表面粘接问题,导致本体性能下降。同时,要控制好最后一道基层焊道的温度,如果温度过低,可以采用砂轮机进行打磨,保证温度适中,以后进行覆层焊道焊接工作,进一步保证焊接工作质量。

### Q 压力容器纵缝和环缝对口错边量控制

#### (一)筒体卷制前准备工作

不锈钢复合板压力容器制造中筒体及对口工作需要格外重视,要想在保证质量的基础上提高效率、节省成本,一般可以从优化封头制作与筒体尺寸确定流程方面入手,根据已经完成的封头尺寸来明确压力容器筒体的所需要的板材长度,一般基层受拉面棱角位置的板材需要制作成倒 R4 的圆角,通过铝基无铁砂轮对其进行打磨,这样可以全面清除材料表面存在的油污、氧化皮等杂质,并且还需做好卷板机上辊的油污清理工作,并对辊面进行详细检测,避免互相凸起或凹陷等损伤部位影响工程施工效果。

#### (二)筒节卷制过程质量控制

在筒节卷制过程中,通常不锈钢覆层是与卷板机上辊面进行接触,为此覆层应朝上,之后覆盖一层隔离层,这样可以保证筒体覆层不会受到铁元素的污染。

为了进一步提升筒节滚圆质量,就需要保证每节筒节滚压次数相同,并且这个过程中应一边卷制一边检查,保证钢板纵向轴线始终与卷辊轴线相垂直,可以利用侧面挡块定位的方式进行校正。在卷制工艺中,由于滚压次数的影响较大,为此需要进行严格控制,避免出现反复滚卷的方式导致钢板加工硬化的问题,因此,每节筒节卷制以后需要使用盘尺进行周长检测,按照实际需求进行裁剪,以此保证每一道筒节缝隙处理接口工作满足要求,之后进入下道工序。在

完成筒节卷制工作以后都需要进行清理,这样可以保证不锈钢覆层的干净度,避免出现污染问题。

### (三)筒体组对质量控制

在筒体组装过程中,通常是以覆层作为基础进行操作,以此提升覆层错边量处理效果。对于封头与筒体组合工作而言,首要工作便是保证封头与筒体的圆度满足要求,之后以封头周长为基准调整筒体的长度,保证二者的匹配度。筒体内壁曲率检测样板规格如表2所示。

表2 筒体内壁曲率检测样板规格表

| 项目 | 弯曲半径   | 棱角度要求 | 纵缝坡口<br>错边量 | 筒体椭圆度<br>控制 | 弧长    |
|----|--------|-------|-------------|-------------|-------|
| 规格 | 1400mm | ≤2mm  | ≤1mm        | ≤3mm        | 600mm |

在完成最后一道纵缝固定工作以后,各筒节两端支撑方式一般采用米字形工装进行,以便于提升筒体圆度控制效果。同时提高支撑部位表面重视力度,这样可以起到保护筒节表面覆层的作用,在完成筒节的纵缝焊接检测工作以后,可以按照原设计安装加强圈,为后续工作顺利开展做好铺垫。

## 提升压力容器制造质量控制效果的策略

### (一)优化制造工艺

不锈钢复合板压力容器制造中制造工艺起到关键性的作用,要想切实提升压力容器制造质量控制效果,就需要从制造工艺入手,应保证施工材质特性满足工程实际需要,这样才能够从根本上提升制造质量控制效果。实际操作中,结合相关法律法规规定,优化制造工艺,不仅可以提升容器的制造质量,也可以提升其制作效率,为此,加大加工工艺培训很有必要。另外,压力容器制作工艺本质上属于复杂工艺,并且对技术要求较高,因此,人员培训工作不容忽视,只有他们具备过硬的技术才能够保证容器制造质量。

### (二)加强监督效果

压力容器作为工业生产的重要设备,为了进一步提升其制作质量,还需要做好过程监督管控工作。可以通过制定完善的监督检验机制的方式来保证相关质量。首先,按照国家标准明确生产指标,保证材料、工艺选择以及设计、制造等加工环节是否按照规章制度进行操作,以便于保证每一

个施工环节都可以按照规定进行施工。其次,加大生产监督力度,尤其是针对施工现场生产环境以及人员操作、设备等监督管控工作而言,应加大全面监督力度,保证加工质量,避免不合格品流入市场。最后,对压力容器使用过程进行监管。对于需要投入使用的容器企业应做好应急预案,并保证配备了相应的应急工具等,保证预案及相关措施落到实处,为保证容器安全使用奠定基础。

## 结束语

综上所述,不锈钢复合板容器制造过程中,影响其质量的主要包含了焊接工艺和筒体组对工作,为此,在实际的制作过程中应从多个角度加以控制,选择合适的焊接方法以及材料,严格按照相关规章制度进行操作,保证筒体缝隙对口错边量控制满足要求。同时,加大制造工艺优化力度,对制作过程进行全方位地监督管控,以此提升容器质量。

## 参考文献

- [1]刘宁岗.奥氏体不锈钢压力容器制造中的应变强化技术应用[J].今日制造与升级,2022(11):153-155.
- [2]王岩.复合板厚壁筒体与不锈钢接管焊接裂纹的修复[J].石油和化工设备,2022,25(05):120-123.
- [3]苏玉虎,谷勤霞.压力容器制造中的常见质量问题与处理对策[J].中国科技期刊数据库工业A,2020(07):192-195.
- [4]韦凯.压力容器制造过程中常见质量问题与处理策略[J].市场调查信息(综合版),2022(18):147-149.
- [5]任忠凯,郭雄伟,李宁,李赫,王祖贵,王涛.脉冲电流对TA1/304复合板结合性能的改性机制研究[J].机械工程学报,2022,58(06):62-72.
- [6]朱坤,吴义党,邹国伟.反应堆压力容器不锈钢堆焊层剥离问题分析及工艺控制[J].电焊机,2021,53(10):109-114.

### 作者简介:

陈明英(1984—),女,汉族,天津人,本科,工程师,山东海洋环保设备有限公司,研究方向:工压力容器制造。

张世超(1986—),男,汉族,山东日照人,本科,工程师,中国船舶社实业有限公司,研究方向:焊接。

孙向元(1989—),女,汉族,山东临沂人,大学专科,工程师,山东海洋环保设备有限公司,研究方向:压力容器制造。