

大型顺酐反应器消应力热处理现场施工技术

李宝佳 贾娜

西安航天华威化工生物工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v5i6.10962

[摘要] 本文介绍了大型顺酐反应器项目中消应力热处理的具体应用和实践,详细阐述了顺酐反应器主体及热处理炉的主要参数。文章还深入探讨了主壳体与管箱整体热处理及设备零部件局部热处理的工艺方法,包括加热器与保温材料的选择、热处理方法、热电偶固定方式及各局部热处理部位的施工方法。通过合理制作工装和制定热处理方案,可提高热处理效率,节省人工成本。热处理在大型反应器设备中的应用逐渐常态化,对于提高设备使用性能和安全性具有重要意义。

[关键词] 大型压力容器; 消应力热处理; 设备制造

中图分类号: TH49 **文献标识码:** A

On site construction technology for stress relief heat treatment of large maleic anhydride reactor

Baojia Li Na Jia

Xi'an Huawei Chemical & Biologic Engineering Co.,Ltd.

[Abstract] This article introduces the specific application and practice of stress relief heat treatment in large-scale maleic anhydride reactor projects, and elaborates on the main parameters of the maleic anhydride reactor body and heat treatment furnace in detail. The article also delves into the process methods for overall heat treatment of the main shell and tube box, as well as local heat treatment of equipment components, including the selection of heaters and insulation materials, heat treatment methods, thermocouple fixing methods, and construction methods for each local heat treatment site. By making reasonable fixtures and developing heat treatment plans, heat treatment efficiency can be improved, and economic and labor costs can be saved. The application of heat treatment in large-scale reactor equipment is gradually becoming normalized, which is of great significance for improving equipment performance and safety.

[Key words] large pressure vessels; Stress relieving heat treatment; Equipment manufacturing

顺酐反应器成套装置是用于生产顺酐的装置,它主要由氧化反应器、熔盐冷却器和熔盐泵、电加热器和相关控制阀等组成,以反应器为核心,其余设备紧密布置在其四周形成一个撬装系统。系统运行时,由正丁烷和空气按照一定比例混合后从一端进入反应器管侧与管内催化剂接触反应生成产物顺酐及其他副产物并放出大量热量,通过熔盐泵提供动力的熔盐在反应器壳侧吸热后被送入到熔盐冷却器中换热降温后,又被重新送回反应器内吸热。

本文接下来以本公司制造的4×5万吨/年顺酐项目成套装置中的反应器在制造中消应力热处理实践展开详细的说明。

1 大型顺酐反应器及热处理炉主要参数

1.1 顺酐反应器主体规格

(1) 上、下管箱外形尺寸为 ϕ 17500×28×1700/2300mm。单重约20吨(含接管及部分内件)。(2) 壳程筒体外形尺寸为 ϕ

17500×24×6400mm。单重约35吨(含部分固定部件)。(3) 上下环道外形尺寸为 ϕ 9050×24×12500mm。

1.2 热处理炉主体规格

1.2.1 炉型设计

采用外协公司的组装式加热炉。

1.2.2 炉膛尺寸及搭设位置

综合考虑到管箱及壳程外形的最大尺寸确定热处理炉规格如下:

(1) 在指定的露天场地内搭设炉膛尺寸为10025(L)×8300(W)×8400(H)(mm)一座,进行全部4组壳程筒体热处理;(2) 进行上、下管箱热处理时将炉膛高度减为6400mm。长宽尺寸不变。

1.2.3 结构

热处理炉结构见下图:

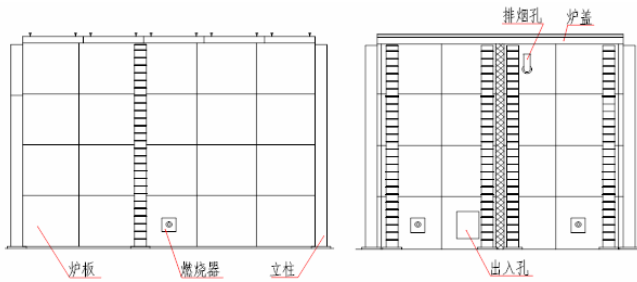


图1 侧墙及端墙结构示意图

其中:

热处理炉底部配备高度不超过400mm的支撑垫墩,并具有滑动功能以消除工件因受热膨胀引起的位移变形。垫墩数量不少于6组。

1.2.4 热电偶

(1)采用K型工业用筒装热电偶。需要数量满足热处理工艺规定。(2)使用热电偶压接件安装热电偶。首先将热电偶压接件点焊固定在工件外表面指定位置处,将热电偶测温端牢固压紧,然后将热电偶冷端统一从炉底部引出炉外。

1.2.5 记录仪及温度控制

(1)采用多通道长图记录仪进行实时温度记录。(2)采取单台燃烧机独立控温方式。每台燃烧机配备一台AI-518型人工智能温度控制器进行热处理加热全过程自动控制。(3)热电偶、温控仪表和记录仪之间均采用K型补偿导线联接。(4)施工所用全部热电偶、温控仪和记录仪必须经法定计量部门检定合格,并在有效期内使用。

1.2.6 工件进炉

工件进出炉时必须移动平稳,严防工件撞击炉体造成设备损坏或发生安全事故,对于大型接管及附件部位更需特别关注。

2 主壳体与管箱整体热处理

2.1 壳程筒体整体热处理

(1)壳程筒体外形尺寸为 $\Phi i7500 \times 24 \times 6400$ mm。单重约35吨(含部分固定部件);(2)为防止筒体变形,内部采用米字支撑进行点焊固定;热电偶布置在焊件易产生温度梯度的位置,根据筒体直径计算,共布置24个热电偶,分别在筒体顶部、中部及底部,共3圈,每圈8个,且相邻热电偶布置间距不超过3米;(3)设备热处理类型为焊后消应力,采用整体加热的方式,保温温度为 $620 \pm 20^\circ\text{C}$,保温时长70-100min。

2.2 管箱组件整体热处理

(1)上、下管箱外形尺寸为 $\Phi i7500 \times 28 \times 1700/2300$ mm。单重约20吨(含接管及部分内件);(2)为节省成本,采用上管箱+上管箱、下管箱+下管箱的热处理方案进行同炉热处理;(3)因结构特殊,上管箱与上管箱之间通过专用热处理螺栓进行连接固定,底部选定部分管口,制作热处理法兰堵盖,同时为防止设备倾倒,在下端空余部位对称点焊H型钢,保证设备稳定性,热电偶布置在焊件易产生温度梯度的位置,最终定于吊耳垫板处,共布置8个热电偶;(4)下管箱与下管箱之间放置特制工装,并在周

围采用斜铁固定,减少设备变形,底部同样选定部分管口,制作热处理法兰堵盖,同时为防止设备倾倒,在下端空余部位对称点焊H型钢,保证设备稳定性;热电偶布置在焊件易产生温度梯度的位置,根据管箱筒体直径计算,共布置24个热电偶,分别为两个封头上的吊耳垫板各四个,管箱筒体一圈8个,共16个。



图2 壳程筒体吊装进炉



图3 上管箱整体热处理

3 设备零部件局部热处理

3.1 加热器和保温材料选择

(1)履带式电加热器。规格为 660×330 mm,加热功率10kw/块;(2)绳式电加热器。19m/根,加热功率10kw/块;(3)保温材料使用硅酸铝保温被或保温卷毡,保温厚度不低于60mm。周向搭接长度不得小于100mm。

3.2 热处理方法

3.2.1 加热器、保温层固定

采用铅丝捆绑固定加热器和保温层。必要时在适当部位临时点焊螺母定位。

3.2.2 热电偶固定方式

采用K型工业用筒装热电偶测温。连接方式与炉内热处理方法相同,固定位置为两块相邻履带加热器之间的工件外表面上。

3.3 各局部热处理部位施工方法

3.3.1 壳程筒体与上、下管板的角焊缝,含相关筋板、吊柱与壳程筒体的焊缝

要求:壳程筒体与上、下管板的两道角焊缝同时热处理。

(1)加热器布置: 在每道角焊缝外表面均布履带加热器, 其中管板厚度方向上的加热宽度不得超过60mm、吊柱相关筋板与壳程筒体的角焊缝处需被覆盖, 加热区边缘与焊缝距离不少于200mm, 加热区以外采取适当措施防止有害温度梯度的产生。(2)保温范围: 保温宽度600mm。管板厚度方向表面全部包裹。(3)热电偶布置: 在每条角焊缝外表面均布6支热电偶。

3.3.2 下环道立板纵缝、环道立板与环板角焊缝

要求: 该部位焊缝从泵口处划分为两个半环, 分别单独进行热处理。

(1)加热器布置: 在环道立板外表面沿环形角焊缝布置履带式电加热器, 同时在每条环道立板纵缝外表面布置一块加热器。(2)保温范围: 环道立板和上下环板全部表面。(3)热电偶布置: 沿每道环形角焊缝的外表面均匀布置4支热电偶。



图4 筒体与管板的角焊缝

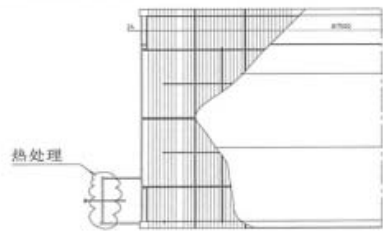


图5 环道纵缝与环板角焊缝

3.3.3 下环道底板纵缝及底板与管板角焊缝

(1)加热器布置: 沿底板与管板角焊缝表面均匀布置36块加热器。在每条环道底板纵缝外表面布置1块加热器。(2)保温范围: 环道底板全部面积、立板表面300mm宽范围和管板厚度方向的全部表面, 但管板端面不保温。(3)热电偶布置: 沿每道环形角焊缝的外表面均匀布置6支热电偶。

3.3.4 下环道盖板及盖板与壳程筒体角焊缝, 含泵口处的三角筋板

施工方法与下环道底板纵缝及底板与管板角焊缝热处理方法相同。泵口处的三角筋板角焊缝处用绳式加热器辅助加热。

3.3.5 上环道立板纵缝、环道立板与环板角焊缝

要求: 该部位焊缝从泵口处划分为两个半环, 分别单独进行

热处理。

施工方法与下环道立板纵缝、环道立板与环板角焊缝热处理方法相同。

3.3.6 上环道底板纵缝及底板与管板角焊缝, 含泵口处的三角筋板

施工方法与下环道底板纵缝及底板与管板角焊缝相同。

3.3.7 上环道盖板及盖板与壳程筒体角焊缝

施工方法与下环道盖板及盖板与壳程筒体角焊缝相同。

3.3.8 环道间其余筋板, 含环道间支腿处侧筋板、弧形筋板

(1)根据制造现场实际情况采用履带式加热器覆盖及绳式加热器缠绕相结合方式加热。(2)每个加热区域内至少设置1支热电偶。

4 结语

金属热处理一直是机械制造中的重要工艺之一, 与其他加工工艺相比, 热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分, 而是通过改变工件内部的显微组织, 或改变工件表面的化学成分, 赋予或改善工件的使用性能。随着科技发展, 热处理被应用在越来越多的行业中, 如汽车, 航天, 电子, 医疗, 航空等。随着生产力和生产效率的日益提高, 反应器设备规模逐渐扩大, 热处理在大型反应器设备中的应用也逐渐常态化, 在大批量的热处理工序中, 合理制作工装和制定热处理方案, 减少热处理炉次, 提高热处理效率, 将节省人工成本。

[参考文献]

[1]东方电气集团东方锅炉股份有限公司. 双泵循环回路顺酐反应器成套装置及其控制方法: CN202211343379.7[P]. 2024-11-08.

[2]吴炳琰, 安亚中, 李建华. 金属材料热处理工艺及技术[J]. 化工管理, 2023, (21): 137-140.

[3]全国锅炉压力容器标准化技术委员会. 压力容器第1部分: GB/T150.1-150.4—2011[S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2011.

[4]全国锅炉压力容器标准化技术委员会. 承压设备焊后热处理规范: GB/T30583—2014[S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2014.

作者简介:

李宝佳(1997--), 男, 汉族, 内蒙古包头市人, 助理工程师, 研究方向: 化工设备。

贾娜(1984--), 女, 汉族, 陕西富平人, 工程师, 研究方向: 化工设备。