

不锈钢薄壁球罐制造工艺和技术

李 峰

上海市安装工程集团有限公司 上海 200080

摘 要: 根据企业制造多台不锈钢球罐的经验, 针对不锈钢球罐的特性, 结合标准要求, 对不锈钢球罐的制造过程中的质量控制, 总结了不锈钢球罐的制造技术, 对常见的质量问题制定了一套行之有效的工艺措施。

关键词: 球罐; 制造; 压制

Manufacturing Process and Technology of Stainless Steel thin-squash Ball Tank

Feng Li

Shanghai Installation Engineering Group Co., Ltd. Shanghai 200080

Abstract: According to our company's experience of manufacturing several stainless steel ball tank, according to the characteristics of stainless steel ball tank, combined with the standard requirements, the quality control in the manufacturing process of stainless steel ball tank, summarize the manufacturing technology of stainless steel ball tank, and developed a set of effective process measures for common quality problems.

Keywords: Ballpot; Manufacturing; Pressing

前言:

材料的技术进展多年来一直是影响我国球罐建造技术向大型化(高参数)、轻量化方向发展的因素。为此, 我国压力容器用钢领域自上世纪80年代初就致力于球罐用钢的开发和应用研究。特别是近十多年来, 中国冶金技术装备水平和宽厚板生产技术装备的显著提高, 使碳钢和低合金钢压力容器产品的质量得到明显改善, 钢板的技术特性特别是板宽尺寸, 基本符合我国大型球罐的使用要求。

依据目前国内对操作温度为 -162°C 的液化天然气(LNG)、腐蚀性极强的合成橡胶用胶浆和环氧乙烷等介质储存球罐产品的需求, GB/T12337-2014版标准增加了奥氏体型不锈钢材部分。不锈钢球罐由于其良好的耐腐蚀性能, 是储存腐蚀性较强或清洁介质的必然选择之一, 并朝着大型、厚壁的高参数方向发展。过去国内不锈钢球罐的数量很少, 主要是受材料和生产能力方面的限制, 现在随着技术水平的不断提高, 不锈钢球罐的数量正呈现大量增加的趋势。

1 质量控制的一般要求

公司制作过多台S30408不锈钢球罐, 厚度有12mm、14mm、16mm、18mm、20mm、21mm、22mm多种规格厚度。按照设计图纸和专用技术要求提出了专门制造工艺和技术要求, 经

制造和安装检验是行之有效的。

1.1 球板要求

S30408不锈钢球罐一般均采用4带混合式结构型式, 即上温带、赤道带各24块以及极带各7块, 总共由62块球壳板组成。支柱腿12根, 支柱与赤道板连接为中心对称结构。

S30408奥氏体型钢板应按GB24511-2017《承压设备用不锈钢钢板及钢带》的规定, 以固溶热处理状态交货; 球壳用钢板的表面加工类型: 热轧产品一般采用1E级, 冷轧产品一般采用2D级; 热轧钢板的厚度允许偏差精度一般采用普通精度级。球壳用钢板应逐张进行100%超声检测, 检测结果按NB/T47013.3-2015《承压设备无损检测第3部分: 超声检测》规定, 以不低于III级为合格。设计文件要求制造单位对球壳用钢板的化学成分按炉批号进行复验并按批进行拉伸和硬度复验, 其结果应符合设计文件的规定要求。

1.2 锻件要求

S30408奥氏体型不锈钢锻件符合NB/T47010-2010《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》的规定, 以固溶热处理状态交货; 设计文件要求制造单位应按锻件级别分别对锻件进行力学性能复验, 按炉批号对锻件进行化学成分及硬度复验, 检验结果应符合设计文件的规定要求。锻件级别按设计图样要求。

1.3 支柱要求

球罐支柱用奥氏体型不锈钢管除应符合GB/T14976-2012《流体输送用不锈钢无缝钢管》的有关规定外，钢管经热处理并酸洗钝化后交货。

1.4 拉杆要求

球罐支座用奥氏体型不锈钢拉杆应有质量合格证明书，制造单位应按质量证明书对钢棒进行验收，且应符合GB/T1220-2007《不锈钢棒》中的有关规定，不锈钢棒应以固溶状态供货。

1.5 焊材要求

焊条应具有质量证明书，球罐对接接头以及直接与球罐焊接的焊接接头，焊条应按焊接工艺评定及NB/T47015-2011《压力容器焊接规程》确定。

1.6 制作要求

在设计、制造、组焊、检验及验收技术条件中规定：球壳板宜采用二次下料方法制做。球壳板下料应采用等离子切割，切割完毕后应打磨渗碳层，不锈钢板用砂轮切割或修磨时，应使用专用砂轮片。球壳板应采用多点冷压成形工艺，上下胎具如压制别材料，表面应打磨光滑后再使用本球壳板压制。在制造安装过程中，要避免不锈钢表面的擦伤和滑痕，压制时要采取措施对不锈钢板进行保护。球壳板成形时应缓慢压至所规定的曲率，严禁急剧成形。压制前球壳板边缘不应有尖角等应力集中点，球壳板成形应在0℃以上进行。压制成型的球壳板应使用胎架存放。确保不锈钢板表面的固溶层不被破坏。球壳板不得拼接，不得在球壳板表面用金属刻画标记或焊工钢印。

上支柱和赤道板的焊接，以及人孔、接管和极板的焊接必须在制造车间进行。在焊接上支柱、人孔接管和球壳板时，必须注意不要使其变形，严禁在焊接后在压机上校准模具。

由于不锈钢屈服强度低，延展性好，球壳板放样及压制难度较大，制造过程难度大。本文通过对不锈钢球罐下料、压制、坡口切割等各工艺流程进行介绍，分析各环节的技术要点，为今后同类不锈钢球罐制作工程提供参考经验。

2 制造工艺流程

公司具有逾四十多年制造历史，拥有一千多台混合式、高强钢、超大型球罐制造的成熟工艺和经验，产品质量优异，球罐制造工艺流程如图1所示。（见图1）

3 制造过程及质量控制措施

3.1 一次下料

不锈钢球壳板一次下料采用等离子切割，不锈钢板与钢平台采用木板隔离，避免了不锈钢板的渗碳。下料切割后，用砂轮打磨切割毛刺，钢板堆放时须用木板垫好。不锈钢板上严禁用硬物刻划和敲打钢印^[1]。

3.2 球壳板压制

由于不锈钢与碳钢接触会产生渗碳、表面损伤等情况，会降低材料的耐腐蚀性能，且球罐球壳采用不锈钢，厚度薄，压制时难度大，因此，在不锈钢球壳板压制过程中，制造厂采用以下措施：

球壳压制车间。为防止铁离子污染，制造厂专门准备了足够的作业面积，采取分区作业，将碳钢球罐作业区与不锈钢球罐作业区分开，减少交叉，在专门的压制场地、装焊场地铺设胶皮垫等一系列隔离措施，有效避免了铁离子污染问题。

压制和切割工具。制作不锈钢专用的压制和切割工具，不锈钢专用的弯曲模板，专用的高精度的测试样板和测试工具。

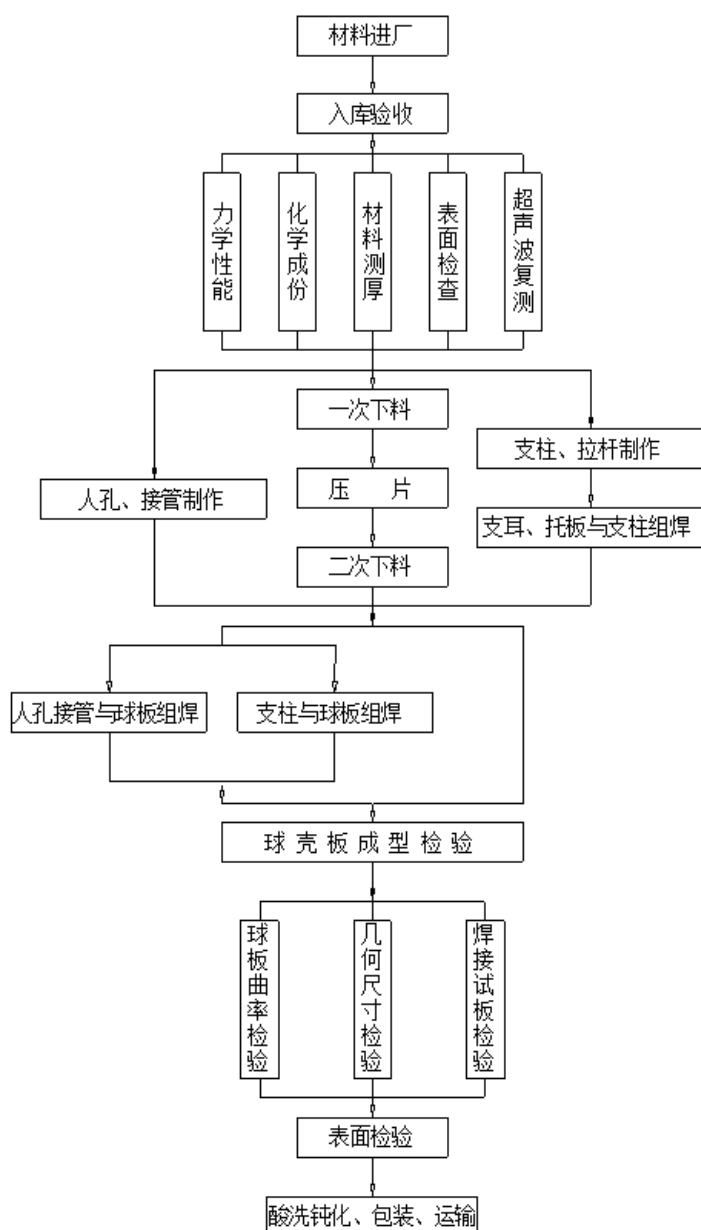


图1 球罐制造工艺流程图

1) 球壳板压制法。采用多点冷悬压成形, 先将球壳板的长度均匀地分为三段, 先压首尾两段, 再压中间一段, 每段至少要压制成形两次。第二次压制的中心是第一次压制的中心应与第一次压制的中心偏离, 偏离幅度为上冲的半径。不允许过度的压制后利用模具进行调整。

2) 压制模具设计。压制模具采用现有的模具, 在上下位置上焊接不锈钢层, 支架也由不锈钢制成, 进一步避免铁与不锈钢的直接接触, 有效防止板材铁离子污染。

3) 试压。根据确定的试压工艺将相同厚度的钢板进行试压, 并按相关要求压制出一条2m长的不锈钢试板, 用于球壳板曲率检测线。

4) 球壳板压制。根据实际试压的相关情况, 对确认后的压制工艺将球壳板进行正式压制, 确保压制后的板材曲率和几何尺寸符合相关规范。

3.3 二次下料

根据“球罐几何尺寸图”进行球板的二次下料工作。二次下料顺序应先为赤道板, 其次为极中板, 最后为其余规格的球壳板。

切割完毕后, 用角向砂轮机彻底清除坡口表面的熔渣等杂物。清理完毕后, 对球板曲率进行复测, 若发现超差则返回到油压机上进行修正。最终, 对所有球壳板的几何尺寸及焊接坡口尺寸进行检查, 确保各项数据在正常偏差范围。

3.4 极中板开孔

为防止极中板在等离子开孔时曲率变形, 在开孔时在开孔板下放置支撑杆, 采用圆形开孔模具进行开孔及焊接坡口的加工。这样有效防止极中板开孔的变形。

3.5 上段支柱与赤道板及极中板与人孔接管焊接

在焊接赤道板和上支柱时, 由于赤道板较薄, 在赤道板和上支柱空腔内焊接产生的焊接应力会使曲率发生变形而造成超差, 曲率沿焊接方向的长度变化不均匀。监测焊缝

处的焊接载荷是保证球面板曲率合格的重要措施, 特别是当焊接赤道板和极中板接管之间的曲率超过差值时, 严禁在焊接完成后使用压机校准模具。

1) 制定合理的焊接工艺规程, 以减少焊缝线能量^[2]。接头处焊接过程中热输入越高, 焊接应力就越大, 变形就越大。因此, 通过制定适当焊接工艺, 尽可能减少焊接线能量的产生, 以保证焊接质量。

2) 应用合理的焊接方法。焊接时采用分段焊接法和分段跳焊法。

3) 提前采取措施控制变形。通过在上支柱与赤道板的焊接位置试板在板的球壳内侧做标记, 提前确定各部位的变形。在压入极中板的时候, 提前确定变形程度, 使焊接变形后的曲率符合合格要求^[3]。

4) 采用防变形模具保证立柱与赤道板焊接不变形。模具的曲率应与赤道板相同; 通过夹持球形不锈钢壳来固定上、下模具, 在上梁与赤道板的焊接点处切割上模具, 以便于焊接。根据制造经验, 申请了防焊接变形的不锈钢球罐球壳部件组装工具, 如图2所示。(见图2)

5) 在极中板和人孔管焊接时需加设控制变形的胎具, 以增加结构刚性, 减少焊接变形。

4 结语

(1) 根据不锈钢球壳板压制的特点和经验, 制定相关球壳板的制作工艺, 可进一步提高板材利用率, 减少成本, 节省费用。

(2) 薄壁不锈钢球罐压制的回弹量与低合金球壳板不同, 后续可通过试验压力模拟来确定其规律变化。

(3) 实践表明, 采用该工艺和生产方法能有效解决生产薄壁不锈钢球罐的相关问题, 特别是在上支柱, 人孔接管和球壳板的焊接, 不允许采用压机强制校准, 最终的曲率和几何尺寸按规格保证了球罐的生产质量, 为今后的不锈钢球壳生产提供了良好的经验。

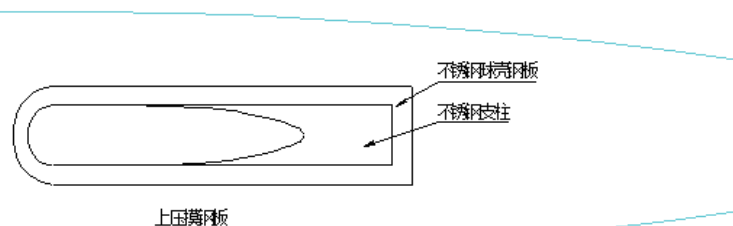
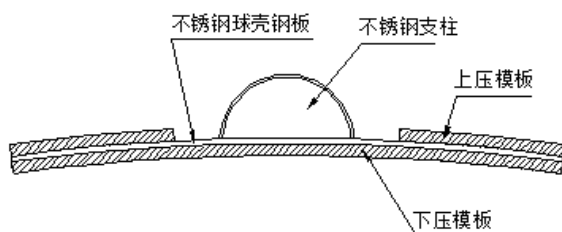


图2 焊接模具

参考文献:

[1] 刘尚明. 大型薄壁不锈钢球罐焊接变形的控制研究[J]. 广州化工, 2019, 47(3): 112-113.

[2] 王清栋, 许少华, 王林. 薄壁不锈钢球罐组焊关键技术[J]. 焊接技术, 2018, 47(3): 77-80.

[3] 闫永超, 徐亮, 房务农. SA516Gr. 70N钢制3000m³球罐现场组焊技术服务[J]. 焊接技术, 2015, 44(1): 74-77.

作者简介:

李峰, 男(汉族), 2014年毕业于北京航空航天大学土木工程专业, 高级工程师, 主要从事石油化工设备方面的施工研究。