

DN4500 气压釜的制造过程总结

董 雪 张学亮 (沈阳汉德科技有限公司, 辽宁 沈阳 110031)

摘要: 主要介绍了玻璃行业用 DN4500 气压釜的设计及制造过程, 总结了其制造过程中需要的注意事项及经验。

关键词: 气压釜; 设计; 制造

Abstract: This paper mainly introduces the design and manufacturing process of DN4500 autoclave used in glass industry, and sums up the matters needing attention and experience in the manufacturing process.

Key Words: Pneumatic Kettle; design; Manufacture

该釜是北京某大型科研单位生产夹层玻璃的关键设备。其公称直径之大、工艺参数之高在同行业及同类型设备中尚属首例, 此设备为科研产品, 为后续气压釜向高温高压及直径大型化发展提供有利的技术和保障。

1 设计

1.1 工艺参数

设计压力: 2.75MPa; 工作压力: 2.5MPa; 设计温度: 250°C; 工作温度: 220°C; 工作介质: 空气。

1.2 材料

该设备整体采用 Q345R 钢板, 钢板需 100% 超声检测, 且在正火状态下交货; 小尺寸规格锻件采用 16MnII, 卡箍法兰及釜盖法兰采用 16MnIII。

1.3 结构

该设备属于快开门式卧式压力容器。由釜头盖、釜体法兰、筒体、椭圆形封头、鞍座及开门机构组成, 采用燕尾槽胶圈背压密封结构(压力源来自于釜体内)。

本气压釜工作周期约为 6h 每次(产品进入釜内, 关闭釜门, 工作过程, 开启釜门, 运出产品为一个周期)。在工作过程中釜内需要达到很好的温度控制, 温度偏差在 $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 内, 且操作人员操作控制箱时离釜体距离较近, 故在釜内壁设置 130mm 的硅酸铝保温, 保持釜外壁的温度控制在 50°C ~ 60°C 之间, 以免发生人员烫伤和方便靠近操作。

1.4 设计计算

本设备釜盖及釜体法兰因结构原因常规计算无法进行, 故需采用 ANSYS 有限元法进行分析, 此法可以优化结构设计, 使各处峰值应力降至最低, 还可降低零件重量, 直观地降低零件的采购成本, 因此法较为复杂, 在此不做赘述, 其余结构可按 SW6 进行常规计算。

2 制造

该设备总重接近 75t, 外形尺寸为 6800mm \times 10000mm (高度 \times 长度)。已属于大型设备, 该设备的设计与制造均存在一定的难度, 且尺寸规格均为目前同类型产品中的第一, 本文仅在制造方面对该设备进行详细叙述, 目的是为了企业实现大型化设备的制造提供相关经验。

2.1 釜盖法兰组件

釜盖法兰组件由球冠形封头、釜盖法兰及釜门开启

系统构成。球冠形封头需采用 56mm 的正火钢板拼接后冲压成型, 其拼接焊缝需在成型后进行 100%RT 检测, 按 NB/T47013.2-2015 中 II 级合格。釜盖法兰一次加工件采用整体锻压成型, 其性能指标满足标准及图纸要求, 此时釜盖法兰在密封面处留有一定的加工余量, 为后续二次加工做准备。球冠形封头与釜盖法兰的连接焊缝需采用截面全焊透结构, 且在焊接过程中严格按焊接工艺执行, 采取圆周对称焊接, 采用锤击消除焊接应力。两者组焊后需要进行整体入炉热处理, 在处理前应将与封头相关的零件全部焊接完, 热处理后尽量不施焊, 如必须焊接, 则须避开焊缝, 且距离至少为 200mm。按精加工图进行加工, 按图纸进行验收。

2.2 釜体组件

椭圆形封头采用 52mm 的正火钢板拼接后冲压成型, 其拼接焊缝需在成型后进行 100%RT 检测, 按 NB/T47013.2-2015 中 II 级合格。检测及验收按 GB/T25198-2010《压力容器封头》。

筒体直段长度为 5000mm, 根据制造工艺安排, 需要采用三段筒节, 其中两段长度为 2200mm, 另一段为 600mm, 2200mm 为标准板幅宽度, 600mm 为非标板幅宽度, 这样 600mm 宽度的钢板就需要定轧, 虽然材料成本提高, 而且交货工期也要比标准板幅的钢板晚一个月, 但从总体来看, 整个设备的后续卷制、焊接、加工, 节省了人力物力财力, 不会浪费材料。综合考虑, 是成本最低的。

两段 2200mm 板幅的筒节、椭圆形封头组焊, 其 A、B 类焊缝进行 100%TOFD 检测, 按 NB/T47013.3-2015 中 I 级合格检测, 合格后对其部件进行热处理, 热处理工艺参数严格按热处理工艺执行。

釜体法兰因为厚度达到 500mm, 如采用整体锻压, 一是对锻件厂的设备要求高, 二是交货周期延长, 对整体交货有很大影响, 故锻造厂根据实际加工能力及质量要求采用了四分瓣成型的制造工艺, 然后组焊其纵缝, 对组焊后的环形法兰进行粗加工, 在粗加工过程中对其加工后的焊缝进行 100%UT+100%MT 检测, 分别按 NB/T47013.3-2015 中 I 级和 NB/T47013.4-2015 中 I 级合格。

600mm 的板幅卷制筒节后需与釜体法兰一次件进行

组焊，组焊后对其纵环焊缝进行 100%TOFD 检测，按 NB/T47013.3-2015 中 I 级合格检测。检测合格后对其组件进行热处理，再进行釜体法兰的二次加工。加工后的尺寸及表面质量需满足图纸要求。

组焊釜体法兰与后端筒体的环焊缝，外观检测合格后对其进行 100%TOFD 检测，按 NB/T47013.3-2015 中 I 级合格检测。检测合格后对其环焊缝进行热处理，热处理工艺参数严格按热处理工艺执行。

2.3 釜门开启系统

该开启釜盖的总重约为 13.5t，其重量已远远超出同类型釜盖重量，其原始的吊柄吊杆及吊臂机构尺寸及提供其动力的电机减速机的功率已不能满足现有开启工况，且此部分均为机械结构件，无法进行详细的力学计算，没有具体的参考标准，一旦尺寸规格及机械性能参数给的太小了，将会出现釜盖重量将转臂压弯，导致设备开门失效，给大了就会造成釜盖重量更重，恶性循环造成成本上升，故本人根据以往从事类似工作的经验并询问相关行业的技术专家，决定采用 Solidworks 进行三维力学模拟试验，虽然其实际运行工况与软件给出的数据有较大差别，但还是有一定的基础理论存在，在此分析设计的基础上相应提高了其载荷系数。经过最终检验，转臂结构满足开门要求且未发生异常现象。

开门系统的动力源来自于釜体上端的电机减速机，减速机输出轴上安装主动齿轮，带动与其啮合的是转臂上的从动齿轮，釜门从开启到指定位置时的时间要求约为 5~6min，要想实现此要求，就要求大小齿轮有一定的齿轮比，且因为开门时间会根据实际操作情况随时变化，故需要用变频器对其电机进行变频，从而改变输出转速，再经过齿轮的传动就可以实现釜门开启时间要求。

减速机及转臂共用的支承座事先需与釜体法兰焊接并加工配合面。

2.4 辅助系统

根据以往气压釜现场使用经验及出现的问题，最容易出现的釜盖在长期吊装过程中会出现下沉，故在此设置一对拖轮，拖轮设置在釜盖的左右两侧，两个拖轮之间形成的角度约为 100°，此角度还需根据运料小车的宽度进行调整，因为不同的直径对应不同宽度的运料小车。拖轮采用气压缸进行提升和下降，气压缸的工作压力需能承受罐盖的下沉，该处气缸的压力无法准确计算，一般按釜盖的整体重量进行粗略计算，不考虑吊杆对釜盖的提升，这样选用的气压缸能满足拖升要求。

根据 TSG 21-2016 中 3.2.16 快开门式压力容器设计专项要求的规定，该设备应设置安全联锁装置，且应满足：当釜门达到预定关闭部位，方能升压运行，当压力容器的内部压力完全释放，方能打开釜门。故此在釜门边缘设置一球阀结构，球阀通过连杆开启与关闭，当球阀通过手柄关闭时为工作状态，此时手柄处于竖直状态，釜盖上的限位板正好与手柄有 5mm 的间隙，由于手柄盘的限制，釜盖不能进行旋转，当压力表显示为零的时

候，说明釜内压力完全释放，这时旋转手柄 90°，手柄处于 0° 位置，这时球阀处于开启状态，通过球阀连接管路能在此进行二次排放，这时通过出口风速可判定压力完全释放，这时可通过控制系统旋转釜盖并进行开启。

3 总装

在进行水压试验前需要对基础强度进行评估，本厂基础是经过基础强度计算能承载超过 300t 的均布载荷，故可以采用水压试验。如有的厂基础无能承受如此重的载荷，可以采用气液组合压力试验进行。水压试验合格后，最好采用热空气对内壁进行干燥。对设备外壁进行除锈喷高温漆处理。焊接保温支撑件，安装保温，并按图纸指定要求安装加热器等辅助工艺系统。

因设备整体较重，故吊装方案的合理与否直接影响设备的外观使用，所以应制定安全可靠的吊装工艺，防止吊绳破坏已喷好的设备表面。

4 结束语

该设备经过 4 个月的制造和现场安装，目前已投入生产，根据用户反馈的信息来看，该设备运行状况良好，完全满足了用户的工艺要求。此设备的成功制造，使我厂在制造大直径高压力的快开装置容器方面积累了丰富且实用的经验，为后续承接大型快开装置打好坚实的基础，大大地提高了我厂在制造快开装置卧式容器方面的知名度。

参考文献：

- [1] 董金善, 顾伯勤. 超临界萃取釜快开式密封连接结构设计 [J]. 压力容器, 2008(5).
- [2] 廖传华, 顾海明, 黄振仁. 超临界 CO₂ 萃取釜密封结构的设计 [J]. 石油化工设备, 2002(06).
- [3] TSG 21-2016. 固定式压力容器安全技术监察规程 [S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2016.
- [4] 何承代. 探索安全联锁装置快开门式压力容器事故原因与预防对策 [J]. 机械管理开发, 2016(2).
- [5] 丁无极. 快开门压力容器安全联锁装置现状与检验探讨 [J]. 中国科技信息, 2015(9).
- [6] 龚曙光, 谢桂兰. 压力容器安全联锁自动快开门装置的研制 [J]. 化工装备技术, 2014, 25(1).
- [7] 王栋, 黄振仁等. 超临界萃取装置新型快开结构 [J]. 粮油加工与食品机械, 2002(10).
- [8] 刘华. 超临界萃取装置高压快开自紧密封结构 [J]. 石油化工设备, 1997, 26(1): 7-11.
- [9] 吕越操. 快开门式压力容器安全联锁制动装置的设计 [J]. 压力容器, 1993, 10(4): 84-86.

作者简介：

董雪 (1984-)，女，辽宁沈阳人，2007 年 7 月毕业于辽宁石油化工大学，工程师，从事压力容器设计及制造工艺方面的工作。

通讯作者：

张学亮 (1985-)，男，工程师，从事机械和压力容器设计及制造工艺方面的工作。