

U 形管式热交换器中双层复合板管板的应用分析

冯吉建

(南京圣诺热管有限公司 江苏 南京 210000)

摘要 本文介绍了U形管式热交换器双层复合板在化工行业生产中的应用、结合双层复合板管板热交换器设计、运用实例，对设计过程中热交换器结构型式、管板选材、管板与换热管焊接连接结构及检验进行分析。

关键词： U 形热交换器；釜式重沸器；双层复合板管板；设计检验

0 引言

热交换器是化工、炼油、食品、轻工、能源、制药、机械及其他工业部门广泛使用的通用设备，主要作用是管、壳程两组流体在不同温度下进行热量传递，使流体温度达到工艺过程操作的要求。根据热交换器的结构特点，可分为固定管板式、U 形管式、浮头式、填料函式和釜式重沸器五类。管壳式热交换器设备中，为了管板材质成本更经济，选用复合管板取代整体管板。复合管板适用范围一般是管板管程表面为耐腐蚀材料，壳程为普通钢材。本文中双层复合板管板的运用能实现壳程需要耐腐蚀材料或管、壳程都需要耐腐蚀材料的热交换器，将大大降低特种材料热交换器设备成本投入。

1 热交换器结构型式的选择

本文结合某项目中的双层复合板管板在 U 形、釜式热交换器的设计，对双层复合管板结构、选材、管板与换热管焊接连接结构等进行介绍。如图 1 所示。

U 形管式热交换器是以上五大结构中唯一适用于高温差的热交换器。U 形管式结构具有以下优点：

- (1) U 形管尾端可以自由浮动无须考虑温差应力，可用于高温差的场合；
- (2) 仅有一块管板，设备密封结构简单且泄漏点少，制造成本低；
- (3) 可以进行抽芯清洗。

考虑此项目化工操作单元要求氯化物介质走壳程，氯化物介质有较严重腐蚀特性，故此设备选用 U 形、釜式结构热交换器，管板选用双层复合板管板结构。

2 设备详细设计

2.1 热交换器材质选择

热交换器受压元件的钢号及标准、附加技术要求、限定范围：压力和温度等及许用应力、无损检测等均应符合 GB/T150.2-2011 及其附录规定。

综上考虑壳程筒体、封头钢板材料选择 BFe30-1-1+Q345R 复合板；换热管材质选用 BFe30-1-1(M)；管板选用双层复合板 BFe30-1-1+16Mn III +BFe30-1-1；壳程设备法兰材质选用 16Mn III 衬 BFe30-1-1；管箱筒体、封头材料选用 Q345R。

2.2 热交换器管箱结构的设计

热交换器管箱结构设计成常规的结构。此结构明显优点是：制造简单，造价较低，便于热交换器管程污垢的清理且安全性较高。

2.3 管板与换热管焊接连接结构设计

2.3.1 管板与换热管焊接连接结构设计

在双层复合板管板热交换器中，为了实现壳程腐蚀介质与管板碳钢部分有效隔离，在管板管孔与换热管中间增加换热管套管。如图 2 所示。

单层铜—钢复合管板钻换热管孔，要尽量从铜合金层向钢层方向加工，防止将复合板撕开或形成裂纹。对于双层复合板钻孔，需要采用特殊的数控加工工艺，更要注意管板复层材料防污染的保护。

管板完毕后，换热管套管分别与双层复合板复层分别进行强度焊接，双面角焊缝按照 NB/T47013.5-2015 标准进行 100% 渗透检测，I 级合格。按 U 形热交换器制造顺序进行换热管的组装，换热管与管板采用强度焊 + 贴胀。

2.3.2 换热管排列形式设计

换热管常用排列形式有三角形和正方形。此项目采用三角形排列，热交换器管间距按热交换器套管规格确定。

3 制造、检验与验收

3.1 壳程复合板筒体与接管的焊接结构

壳程筒体为 BFe30-1-1+Q345R 复合板，故壳程复合

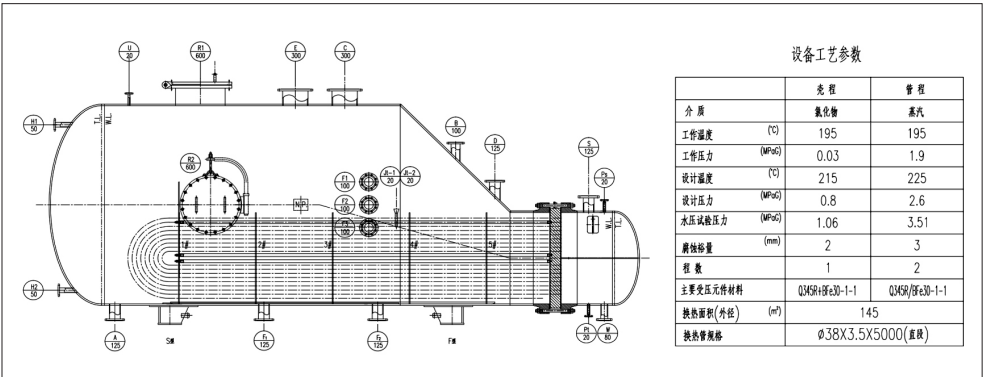


图 1 双层复合板管板 U 形、釜式热交换器

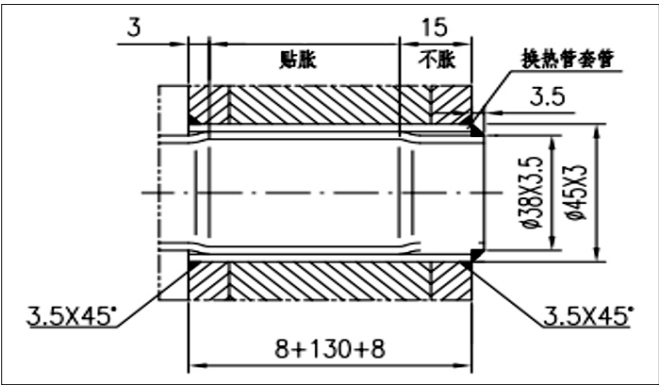


图 2 管板与换热管焊接连接结构

板筒体与接管的焊接采用内衬结构。

3.2 热处理

按 GB/T 151 规定碳素钢、低合金钢制的管箱，焊有分程隔板时应进行消除应力热处理。故此设备的管箱应进行消除应力热处理，管箱法兰及隔板的密封面热处理后进行精加工。

3.3 检验与验收

3.3.1 材料的检验和验收

Q345R 板应符合 GB713-2014 标准的要求，碳钢锻件应符合 NB/T47008-2017 标准的要求。BFe30-1-1 换热管及套管应符合 GB/T8890-2007《热交换器用铜合金无缝管》选用高精级。退火状态供货，换热管不允许拼接。管板铜—钢—铜复合板应符合 NB/T47002.4-2009 的要求，双面复合级别为 B1 级，复合界面的结合剪切强度应不小于 100Mpa；复层材料为 BFe30-1-1，应符合 GB/T2040-2008 标准的要求，退火状态供货；基层材料为 16Mn III 应符合 NB/T47008-2017 标准中 III 级的要求。

3.3.2 焊接接头的检验和验收

无损检测的方法有多种，主要有射线、超声、磁粉、渗透、目视等检测方法。复合板复层焊接接头及衬层焊接接头进行 100%PT，按 NB/T47013.5-2005 I 级合格，其余管、壳程焊缝检测按施工图纸要求执行。

3.4 压力试验

水压试验压力值：壳程 1.06MPa，管程 3.51MPa。

用试验专用工装（压环）先进行壳程试验，同时检查管头的密封性能，管程进行水压。

由于管程试验压力高于壳程试验压力，需考虑管接头的试压对设备各元件强度、密封性及经济性等因素，管、壳程水压试验合格后对壳程增加氨渗漏、氨渗漏等试验，检查换热管与管板焊接接头性能。

4 结语

综合考虑设备的使用条件、材料性能、容器制造、检验和验收，以及经济合理性等因素，选择合适的热交换器结构型式、合适的材料、可行的制造工艺、检验工艺，在确保安全的前提下设计出既符合工艺要求又经济的热交换器。本文中双层复合板管板的运用能满足壳程为耐腐蚀材料或管、壳程均为耐腐蚀材料的热交换器，材料成本大大降低。但双层复合板管板结构热交换器布管中心距增大，在一定直径下换热管布管数量减少，相应减少了热交换器的面积，会造成热交换器不够经济。通过综合比较，选用双层复合板管板结构最为经济、合理。

参考文献：

[1] 雷明华，徐慧. 换热器复合板管板的应用 [J], 广州化工, 2012, 40(10).
[2] 郑津洋，董其伍，桑芝富. 过程设备设计 [M]. 第二版，北京：化学工业出版社，2005.
[3] GB/T151-2014, 热交换器 [S].
[4] GB/T150.1-150.4, 压力容器 [S].

