

转化气蒸汽发生器制造

支 究 刘东梅

大连德瑞普环境科技有限公司 辽宁 大连 116052

摘要：管壳式热交换器，结构类型为NEN，主体材料为15CrMoR，内部隔热衬里施工，换热管内孔焊接，具有结构紧凑,制造难度较高的特点，针对NEN型管壳式热交换器的结构及材料特点，对其零部件加工、组装、焊接、热处理、压力试验等方面进行简单地介绍，重点讲述了转化气蒸汽发生器在制造中的工艺难点及要注意的问题。

关键词：NEN型管壳式热交换器；内孔焊接；压力试验；隔热衬里施工

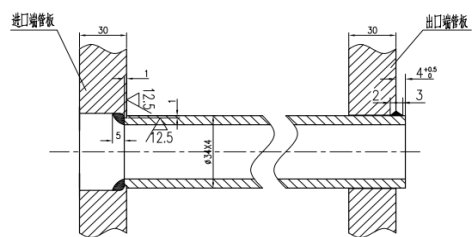
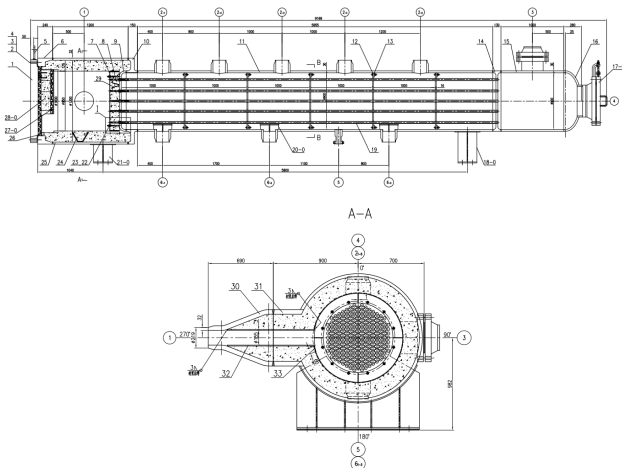
1 引言

随着石化工业的飞速发展和国家对环境保护要求的提高，市场对化工产品的品质要求也越来越高，同时给装备制造企业带来了更大的发展机遇。转化气蒸汽发生器是环保芳烃油产品升级及轻烃综合利用项目轻烃综合利用制氢单元中的关键设备之一，针对转化气蒸汽发生器设备质量要求高、制造难度大的特点，通过制定切实可行的制造工艺和措施，针对NEN型管壳式热交换器的结构特点，对其零部件组装、重点零部件加工、焊接、设备水压等工序进行有效控制，确保产品制造质量和交货期要求。

2 产品结构特点及技术参数

产品结构：转化气蒸汽发生器为NEN型管壳式热交换器，换热管内孔焊，具有结构紧凑焊接难度大的特点，由进口端管箱、连接接头、进口端管板、换热管、壳体、出口端管板、出口端管箱等共同组成。装配结构见图示。

技术参数：设备管程设计压力3.17MPa，壳程设计压力4.4MPa，管程设计温度860/400℃，壳程设计温度270℃，管程介质为转化气，壳程介质为锅炉给水、蒸汽。管程采用15CrMoR材料（内部耐热衬里）、换热管采用15CrMoR材料、壳程采用Q345R材料，规格Φ1300/Φ900X30(筒体)X9169



3 主要零部件加工

3.1 零部件材料采购入厂后按技术条件要求进行复验，合格后按图纸要求进行加工。进行焊接工艺评定，编制焊接工艺规程。

3.2 由于设备换热管与进口端管板采用内孔焊，换热管与出口端管板采用角焊缝，管孔精度要求高，进出口端管板、折流板管孔采用数控钻床进行加工，保证管孔加工精度，保证管孔同心度。进出口端管板管孔凸台采用数控镗铣床加工，加工后进行检查，保证管孔凸台根部尺寸符合图纸要求，满足换热管内孔焊装配要求。

3.3 换热管进口端定位凸台采用数控管头加工机进行加工。检查加工尺寸，保证加工尺寸符合内孔焊装配要求。

3.4 进口端连接接头采用数控车床进行加工。外侧尺寸与进口端管箱筒节尺寸相配，内侧两端尺寸分别与进口端管板及筒体尺寸相配。

3.5 加工完对加工表面进行100%MT或PT检测。

4 设备组装

壳体组装：

4.1 将进口端连接接头与各筒节进行组对、焊接及无损检测，控制筒体直线度符合GB/T151标准要求。

4.2 将各接管、管束连接板、防冲挡板及鞍座组件与筒体进行组对、焊接、无损检测。(注：管束连接板应先利用管束支撑板进行预组装，调整管孔同心后与筒体焊接)

4.3 将出口端管板与壳体组件组焊、无损检测，划线、开孔并组焊接管，无损检测合格后按照《热处理工艺》对壳体组件进行热处理，热处理后按图纸和技术条

件要求进行无损检测复查。

管束组装:

4.4 将支撑板与壳体组件进行安装,在四象限穿假管,调整管孔同心,逐层紧固管束连接板与管束支撑板连接螺栓,穿管。

4.5 组对进口端管板,调整管孔同心,点焊固定。将换热管反引入进口端管板管孔,内窥镜检查,检查合格后按照《焊接工艺》对进口端侧换热管管头进行内孔焊。内孔焊采用内孔焊机进行焊接。

4.6 焊后对进口端管头内孔焊缝进行100%PT检测。

4.7 将壳体组件与进口端管板进行焊接,进行100%UT+100%MT检测,焊后对上述焊缝进行局部消除应力热处理,热处理后按图纸和技术条件进行无损检测复查。。

4.8 按照《焊接工艺》要求对出口端侧管头组对、平头加工、焊接,并进行100%RT+100%PT检测。焊后按照《热处理工艺》对上述焊缝进行局部消除应力热处理,热处理后按图纸和技术条件进行无损检测复查。

4.9 焊接进口端管板锚固钉、焊接螺柱,焊缝进行消氢处理。

4.10 一次压,对壳程充水进行水压试验,对壳程所有焊缝及管头焊缝质量进行检查,水压试验具体按第6项液压试验要求执行。水压后按图纸和技术条件进行无损检测复查。

管箱组装:

4.11 进、出口端管箱分别按照图纸进行组对、焊接、开孔、焊接管、无损检测、热处理,热处理后再加工进口端管箱法兰密封面。

4.12 按照图纸将进口端管箱与进口端连接接头组对,将出口端管箱与出口端管板进行组对,按照《焊接工艺》要求进行焊接、无损检测,检测合格后,按照《热处理工艺》对上述焊缝进行局部消除应力热处理。热处理后按图纸和技术条件进行无损检测复查。

4.13 二次压,对管程进行水压试验,对管程所有焊缝及管头焊缝质量进行检查,水压试验具体按第6项液压试验要求执行。水压后按图纸和技术条件进行无损检测复查。

4.14 清理:试压完毕后将水放净,用压缩空气将管壳程内的水吹干净、干燥,进口端管箱内壁除锈。

4.15 进口端管箱衬里施工:衬里施工采用分瓣转动手工涂抹方法,衬里应圆滑过渡,在厚度方向上衬成阶梯形,每瓣施工完成后,停放时间应不得小于12小时,方可进行下瓣施工。衬里涂抹时,应随涂随检查衬里厚度,同时要捣实找平,达到表面平整,衬里完工后按照烘炉工艺对衬里进行烘干。烘衬里时,应对有衬里部分壳体外表面进行温度测定^[1]。衬里间隙用耐高温陶纤绳填

实,安装焊接衬里衬板。

4.16 封闭进口端管箱,并进行气密检查。

4.17 外表面除锈采用喷砂,达到Sa2.5级,按要求进行喷漆。将铭牌用铆钉固定在铭牌架上。将各接管孔及各法兰进行充氮密封。

5 焊接要求

5.1 焊前准备

5.1.1 焊条、焊剂按规定烘干、保温;焊丝需去除油、锈。

5.1.2 预热

1) 制造过程中,当焊件温度低于0°C时,应在始焊处100mm范围内预热到15°C左右。

2) 施焊前,母材的预热温度应根据焊接工艺评定确定,推荐预热温度如下:15CrMoR钢板和15CrMo锻件 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ 。

3) 预热范围:坡口两侧宽度大于或等于150mm,并应均匀预热。

4) 需要预热的焊件,在整个焊接过程中不应低于预热温度。

5) 采用热加工法下料、开坡口、清根、开槽,施焊临时焊缝时,亦需考虑预热要求。

5.2 施焊

1) 焊工必须按图纸、焊接工艺文件和标准要求施焊。

2) 禁止在焊件的非焊接表面引弧,因电弧擦伤而产生的弧坑和弧疤必须打磨平滑,割除卡具,拉筋板等临时性附件后遗留的焊疤必须打磨光滑,并均需进行磁粉或渗透检测,不得存在裂纹。

3) 对接焊缝、接管角接焊缝需采用全焊透结构,对于壳体外壁与附件焊接接头,须采用全焊透结构,焊完后须进行磁粉检测或渗透检测。

4) 施焊过程中应控制层间温度不超过规定范围,焊件预热时,须控制层间温度不得低于预热温度。

5) 每条焊缝尽可能一次焊完,中断焊接时,对Cr-Mo钢材若不能立即进行热处理,应及时采取消氢处理(一般为300~350°C,保温时间2小时)、缓冷措施。重新施焊时,仍须按规定预热,接弧处应进行修整以保证焊透、熔合。

6) 焊件纵缝两端的引弧板、熄弧板长度为100~200mm,宽度100~200mm,焊后应用气割割下时留出3~5mm的修磨量,避免破坏环向坡口。

7) 焊接接头内、外表面的外观应符合如下规定:

a. 焊接接头和热影响区表面不允许存在咬边、裂纹、气孔、弧坑、夹渣等缺陷,焊接接头上的熔渣和两侧的飞溅物必须打磨清除干净;

b. 壳程筒体焊接接头的内表面应与母材表面齐平。

c. 焊接接头表面圆滑过渡,角焊接接头应有圆滑过渡

至母材的几何形状。

8) 焊接完成后, 应按规定做好施焊记录。

9) 换热管与管板的焊接

换热管与管板的连接接头形式按施工图所示, 其焊接应满足以下要求^[1]:

a. 焊前须预热;

b. 焊接采用钨极惰性气体保护焊, 焊接接头焊两道(互为相反), 起弧位置错开180°

c. 焊后应进行磁粉检测(MT)或渗透检测(PT), I级合格;

d. 焊后应进行消氢处理及消除应力热处理;

5.3 焊接检查与检验内容^[2]

1) 焊前:

a) 母材钢号和焊接材料型号及牌号;

b) 焊接设备、仪表、工艺装备;

c) 焊接材料的储存、保管、烘干及发放;

d) 焊接坡口、接头装配及清理;

e) 焊工资质;

f) 焊接工艺文件。

2) 施焊过程中:

a) 焊接方法、焊接材料使用等;

b) 焊接规范参数检查与记录;

c) 纠偏及整改措施;

d) 执行技术标准及设计文件规定情况。

3) 焊后:

a) 实际施焊记录完整性, 与WPS的符合性;

b) 焊工钢印代号的标识及可追溯性;

c) 焊缝外观及尺寸的检查;

d) 焊后热处理的实施及曲线的正确性确认;

e) 产品焊接试件的检验;

f) 无损检测。

6 液压试验要求

6.1 在设备耐压试验前, 首先对设备的开孔补强圈应在试验前以0.4 ~ 0.5MPa的压缩空气并用肥皂水检查焊接接头质量, 应无泄漏。

6.2 试验场地要有安全防护措施, 在试验前应进行仔细检查, 设备上接管开口的方向尽量避免直接指向操作者。

6.3 耐压试验时, 必须采用两个量程相同的, 并经检定合格的压力表。压力表的量程应为1.5~3倍的试验压力, 宜为试验压力的2倍。压力表的精度不得低于1.6级, 表盘直径不得小于100mm。

6.4 试验用压力表应安装在被试验设备安放位置的顶部。操作者应记录压力表的编号。

6.5 耐压试验前, 设备各连接部位的紧固件应装配齐全, 并紧固妥当。为进行耐压试验而装配的临时受压元件, 应采取适当的措施, 保护其安全性。

6.6 耐压试验保压期间不得采用连续加压以维持试验压力不变, 试验过程中不得带压拧紧紧固件或对受压元件施加外力。

6.7 耐压试验过程中, 如果发现有异常的响声, 压力下降或加压装置发生故障等不正常现象时, 应立即停止试验, 并查明原因, 排除故障后方可继续进行试压工作。

6.8 耐压试验过程中发现缺陷, 应在泄压后, 进行返修。如返修深度大于壁厚一半的换热器, 修复后应重新进行耐压试验。严禁锤击带压设备和带压修复。

6.9 试验介质采用洁净水, 应控制水中的氯离子含量不超过15mg/L, 试验合格后应立即将水排净吹干。

6.10 试验用水温度不得低于15°C。

6.11 液压试验程序和步骤如下

a) 封闭管口, 连接打压设备, 利用充水口注水, 试验设备内的气体应当排净并充满液体, 试验过程中, 应保持设备观察表面的干燥;

b) 当试验设备器壁金属温度与液体温度接近时, 方可缓慢升至设计压力, 确认无泄漏后继续升至规定的试验压力, 保压时间一般不少于30min; 然后降至设计压力, 保压足够时间进行检查, 检查期间压力应保持不变^[3]。

6.12 液压试验的合格标准

试验过程中, 设备无渗漏, 无可见的变形和异常声响。

6.13 液压试验完毕后, 应将液体排尽并用压缩空气将内部吹干。

7 注意事项

1) Cr-Mo材料焊接应做好三热, 进行焊前预热, 焊后立即消氢, 并及时进行焊后消除应力热处理。

2) 内孔焊提前进行焊接工艺评定, 编制合适的焊接工艺参数。内孔焊组对时间隙进行检查, 焊接质量检查。

3) 衬里施工后, 烘干、喷漆、转运过程中, 应轻吊轻放, 防止磕碰。

8 结束语

在制造时, 应严格对重点工件加工、焊接、压力试验等重点工序、组装偏差进行检查, 通过对每个制造工序的有效控制, 才能保证设备使用的长期稳定。

参考文献

[1]《工程技术条件》文件号20145D255-EQ-301/N1 2021

[2]NB/T47015-2023《压力容器焊接规程》2023

[3]GB/T150.1~150.4-2024《压力容器》2024