

焦炭塔下封头过渡段的组装与焊接

邬佳浩

(中石化第三建设公司, 浙江宁波 315207)

摘 要: 焦炭塔下封头过渡段的材质是 15CrMoR 钢, 由 5 块锻件拼焊而成, 其制造难点为: (1) 由于锻件厚度和直径较大, 且坡口为双 U 形, 增加了组对难度; (2) 15CrMoR 钢焊接时易产生冷裂纹、近缝区硬化和热影响区软化等问题, 因此要制定合理的焊接工艺; (3) 拼接部件焊接量大, 易造成焊缝处强度和硬度偏高而冲击韧性下降, 需选择合适的热处理工艺。针对上述难点, 介绍了下封头过渡段组对定位方法、焊接操作要点和热处理工艺。对试板的力学性能、冲击韧性和冷弯及硬度进行测试, 焊缝的 0℃夏比冲击功从平均 42.6J 提高到 96J, 硬度由平均 205HB 下降到 164HB, 表明下封头过渡段的综合机械性能有了显著改善, 所采用的焊接工艺和热处理工艺是正确合理的。

关键词: 焦炭塔; 组装; 焊接; 热处理

中图分类号: TE 962.07 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2206(2003)04-0019-04

1 工程概况

高桥石化公司 140 万 t/a 延迟焦化装置的两台焦炭塔, 长期在 450℃高温及充焦和除焦的冷热疲劳作用下运行, 往往造成塔体鼓胀, 尤其是裙座与下封头的搭接处产生大量的裂纹。为提高焦炭塔的高温性能和高温持久强度, 避免裙座与下封头的搭接处产生裂纹, 焦炭塔的壳体材料采用了具有高温

持久强度的低合金珠光体耐热钢 15CrMoR; 裙座与下封头采用了连体锻件结构, 较好地满足了设备在热疲劳状态下的使用要求。

下封头过渡段的材质是 15CrMoR 钢 (珠光体耐热钢), 符合 JB4276-2000《压力容器用锻件》级的要求, 其化学成分见表 1, 力学性能见表 2。

表 1 15CrMoR 钢的化学成分/%

C	Si	Mn	Mo	Cr	P	S	Ni	Cu
0.12~0.18	0.10~0.60	0.30~0.80	0.45~0.65	0.80~1.25	0.015	0.012	0.25	0.20

表 2 15CrMoR 钢的力学性能

拉伸强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	延伸率 δ_5 /%	室温夏比冲击功/J	0℃夏比冲击功/J	474℃拉伸强度/MPa
440~460	275	20	平均值 54, 最低值 47	平均值 41, 最低 34	164.5

下封头过渡段锻件毛坯分块示意图 1。先分 5 块锻件拼焊成圆筒体, 再用立式数控车床加工切削倒 Y 形, 具体的制造工艺程序为: 精炼制锭 锻压 锻后热处理 打磨、超声波检测定位 弯形 热割对尺寸 正回火处理 (细化晶粒、消除内部应力) 试件取样 锻件划线、开坡口 拼焊 消除应力热处理 粗加工 超声波检测定位 精加工 磁粉、超声波检测 验收。由于篇幅有限, 本文重点介绍将 5 块锻件拼焊成圆筒体的组焊技术。

2 主要施工难点

下封头过渡段拼焊制造难度大, 主要表现在以下几个方面:

- (1) 锻件的厚度和直径较大, 且坡口为机加工双 U 形, 其组对精度要求高, 坡口错位 2mm。如何巧妙地应用机械工装来确保坡口的组对精度, 减少组装应力是确保过渡段制作质量的难点之一。
- (2) 厚度为 260mm 的 15CrMoR 钢焊接工艺要求高, 在低于 600℃温度下, 有较好的抗氧化热强

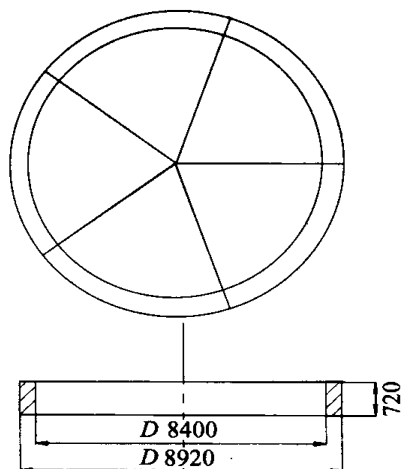


图 1 锥形封头过渡段锻件毛坯分块示意

度及抗氢、硫腐蚀性能。但若焊接工艺不当易产生冷裂纹、近缝区硬化和热影响区软化等问题；预热及消氢温度不足，焊接接头表面会产生马氏体组织而使硬度升高韧性降低并产生延迟裂纹。因此如何采用正确合理的坡口型式、焊接方式和线能量是能否确保过渡段焊接质量的关键。

(3) 15CrMoR 钢的焊接热处理要求高，拼接部位焊接量大，容易造成焊缝处强度和硬度偏高而冲击韧性下降。如何选择最适宜的热处理温度是确保该设备综合机械性能的又一难点。

针对上述难点，我公司组织技术骨干在中石化集团北京设计院的配合下进行了大量的试验和研究工作，制定了可行的方案和技术措施，成功地制造了国内目前最大的焦炭塔。

3 主要对策

3.1 装配定位要领

(1) 下封头过渡段分块接头的装配定位，应在可靠的刚性铁平台上进行，每个接头装配时要放 4mm 收缩余量，先将前 4 块拼装，留最后一块弯形坯作调整直径之用，即按前 4 块拼装的实际弧长确定最后一块加工的尺寸，直径方向放 5mm 收缩量。

(2) 拼装时注意坡口平直度，弯坯接头处于立焊位置。

(3) 工件拼装前，应在铁平台上划好过渡段内外直径基准线，核对后用工装锪铁将工件准确地固定在铁平面上，装配定位夹具如图 2 所示。

(4) 定位焊在工件外侧进行，预热温度与正式

焊接一样，采用 $\phi 3.2$ R307 HIC 焊条连续焊两层，定位焊长度 50 ~ 60mm（每段），每个接头上、中、下各定一段焊缝。

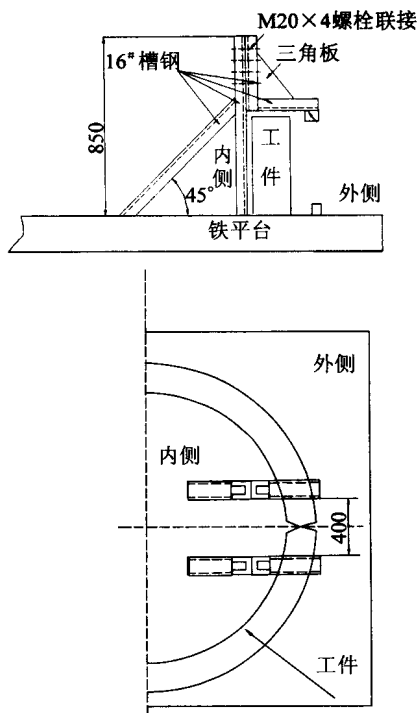


图 2 装配定位夹具示意

3.2 焊接操作要点

(1) 过渡段拼接正式施焊前，必须按 JB4708《钢制压力容器焊接工艺评定》进行焊接工艺评定，获得符合有关规定的焊接工艺数据。为保证根部焊透性，焊接坡口在压力容器标准推荐型式的基础上进行了改进，见图 3。焊接坡口为 7 双 U 形，机加工弯坯的两端坡口，并逐件进行 MT 检查。

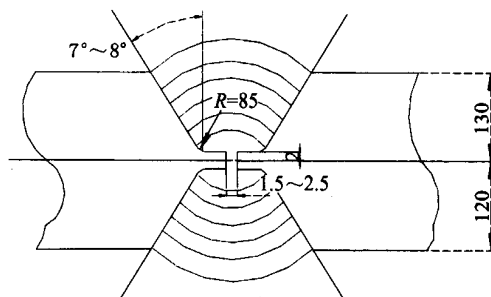


图 3 焊接坡口

(2) 焊前清除坡口处的油、水、锈蚀等一切污物，在接头两侧各 200mm 的范围内用电热带加热，预热温度 180 。

(3) 先从工件接头内侧开始焊接（定位焊在接头外侧），连焊 4 层，线能量控制在 18000 ~ 43000J/cm 为宜，既有利于降低拘束应力和焊接接头的硬度，又能防止热影响区的晶粒粗大。焊接规范见表 3。

表 3 焊接规范		
焊条规格/mm	焊接电流/A	焊接电压/V
φ3.2	90 ~ 110	24
φ4.0	130 ~ 150	25

(4) 在外侧进行气刨清根，去除定位焊点。清根后的焊缝外形状尽量圆滑过渡，并经砂轮打磨去除渗碳层。气刨时，应保持预热温度不低于 180 。

(5) 焊接时焊缝层间温度应不低于 200 ，且不高 于 250 。

(6) 焊道或焊层间的焊缝应圆滑过渡，不允许存在夹渣、气孔、未焊透及死角现象。如有此情况，应以砂轮修正后再焊。对于焊缝中的死角，采用手工氩弧焊重熔，效果最好。

(7) 焊接应连续进行，焊完为止，如因故中断焊接，必须保持焊缝预热温度。

(8) 焊后立即进行 350 ~ 400 的消氢处理，以降低残余应力，提高焊接接头的强度，避免延迟裂纹的产生。

3.3 热处理工艺

(1) 每个接头的焊接完成后立即进行消除应力热处理，模拟焊后热处理（PWHT）温度选择非常重要，设计要求为 675 ，ASME 及部标均有 ± 14 或 ±15 的公差。从焊接工艺评定结果来看，尽管焊缝的 0 夏比冲击功符合设计要求，但数值偏低且接近低限。根据上海金山石化机械制造公司 1998 年制作 D8400mm 焦炭塔的数据来看，675 的热处理温度可能会使焊缝处强度较高，而韧性较低，产品的综合性能不理想。据此，本次锻件焊接时拟将模拟焊后热处理（PWHT）温度尽可能朝上限提，在做了大量的冲击试验后并征得设计人员同意，将 PWHT 温度提高到 690 ±14 ，热处理恒温时间减少至 4h，热处理曲线见图 4。

(2) 采用电加热板进行局部热处理，每条焊缝各自有一对热电偶测量温度，并用连续式记录仪记录温度的变化。

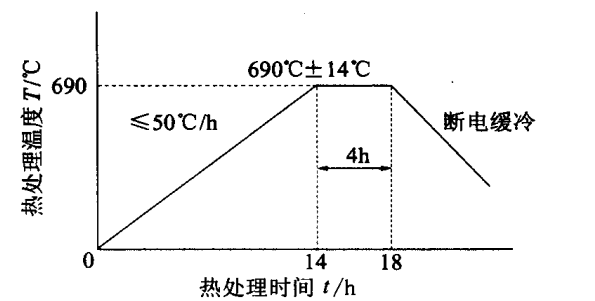


图 4 焊后热处理曲线

4 封头过渡段的组焊效果

(1) 将试板与产品同步加热、焊接、消应力热处理，因此试板的机械性能（PWHT 为 690 ± 14 ）代表了最终产品的性能，试板的力学性能、冲击韧性及冷弯性能分别见表 4、表 5 和表 6。

表 4 试板的力学性能

试样编号	温度 /	拉伸强度 _b /MPa	屈服强度 _s /MPa	断口位置
L1	室温	608		母材
L2	室温	589		母材
L3	室温	569		母材
L4	室温	565		母材
L5	475	448	313	母材
L6	475	437	287	母材

表 5 试板的冲击试验

试样编号	冲击部位	温度/	夏比冲击功 A _{KV} /J		
C1 - 3	母材	室温	186	160	203
C4 - 6	焊缝	室温	105	152	138
C7 - 9	热影响区	室温	190	170	200
C1 - 3	母材	0	62	72	102
C4 - 6	焊缝	0	87	110	91
C7 - 9	热影响区	0	192	146	147

表 6 试板的冷弯及硬度

编号	侧弯(180°) d=4a*	硬度/ HB			
		焊缝		热影响区	母材
W1	无裂纹	173	167	149 152	159 167
W2	无裂纹	146	170	137 143	140 156
W3	无裂纹				
W4	无裂纹				
W5	无裂纹				
W6	无裂纹				

* d—试板冷弯直径；a—试板厚。

(2) 从焊接工艺评定和试板的机械性能对比中我们发现，PWHT 温度改变后，焊缝的 0 夏比冲击功从平均42.67J 提高到 96J，韧性也有较大幅度的提高；焊缝的硬度由平均值 205HB 下降至 164HB，下封头过渡段的综合机械性能有了提高。

管道常用补偿器的安装方法

潘 越, 赖华宴

(中国石油天然气第一建设公司, 河南洛阳 471012)

摘 要: 管道常用补偿器的形式有自然补偿器、U 形补偿器、填料式补偿器、波形补偿器和球形补偿器。文章分析了这 5 大类补偿器的优缺点及适用范围, 并重点介绍了安装中的注意事项: 对于自然补偿器, 要严格控制长短臂的长度和支吊架的位置; U 形补偿器和波形补偿器, 其预拉伸或预压缩量必须依据工作状况而定; 而填料式补偿器, 要确保其中心线不偏离管道中心线, 且插管和套筒挡圈间的安装剩余收缩量要适当; 对于球形补偿器, 控制两球体的间距是关键。另外, 支吊架作为补偿器的重要辅助部件, 其安装质量也是不容忽视的。

关键词: 管道; 补偿器; 支吊架; 安装

中图分类号: TE 973.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001 - 2206(2003)04 - 0022 - 05

在石油化工装置中, 管道每隔一定的距离都要设置热膨胀的补偿装置, 以减少并释放管道受热膨胀时所产生的应力, 保证管道在热状态下稳定和安全地工作。补偿器和支吊架的安装应严格按照施工规程进行, 不正确的安装往往使补偿器失去应有的作用, 给管道运行带来安全隐患。

1 补偿器的安装

常用补偿器的形式有自然补偿器、U 形补偿器、填料式补偿器、波形补偿器和球形补偿器 5 大类。

1.1 自然补偿器的安装

自然补偿器按照形状分为 L 形补偿器、Z 形补偿器 (见图 1) 和空间立体弯补偿器。管道上有一个 $90^\circ \sim 135^\circ$ 的弯管称为 L 形补偿器, 管道上有两个反向 90° 的弯管称为 Z 形补偿器。

自然补偿器是利用热力管道的自然弯曲来消除管道因通入热介质而产生的膨胀伸缩量, 它由管道中的弯管 (或弯头) 构成, 不仅结构简单, 制作、安装方便, 而且安全可靠。设计者会优先考虑选用

(3) 在精加工以后焊缝和锻件的其它部位经磁粉、超声波检测 100 % 合格。目前该设备已正常运行一年半, 状态良好。

5 结束语

(1) 过渡段制作采用的拼接工艺、手工焊接工艺参数、数控加工的工艺程序是可行的。

(2) 制作中积累了许多实践性较强的工艺数据和操作经验, 对指导以后制造类似的过渡段提供了很好的技术基础。

(3) 拼装焊接采用手工焊方式, 劳动强度大, 对操作人员的技术要求十分高, 在今后类似工程中可探讨采用半自动焊或 CO_2 气体保护焊的方法。

参考文献:

- [1] 张金禄. Gr - Mo 钢焊缝金属低温韧性的改善[J]. 压力容器. 1999, 4(5).
- [2] 中国机械工程学会焊接学会. 材料的焊接[M]// 焊接手册. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [3] 中石化集团北京设计院. L8201 - 104BQ1/A1 焦炭塔制造技术条件[S]. 2001.

作者简介: 邬佳浩, 男, 工程师。1992 年毕业于浙江工业大学化工机械与设备专业, 长期从事石油工程施工安装和压力容器制造的技术管理工作, 现任中石化第三建设公司机械制造厂副厂长。

收稿日期: 2002 - 07 - 12; 修回日期: 2003 - 04 - 10

Key words: urea device; technology pipeline; valve; installation

(19) Assembly and Welding of First Transitional Section of Coke Tower

WU Jia - hao (Ningbo, Zhejiang, China)

Abstract: The material of first transitional section of coke tower is 15CrMoR steel which are made of 5 pieces of forgings welded together. According to its production difficulty, assembly method welding technology and the technology of heat treatment have been introduced.

Key words: coke tower; assembly; welding; heat treatment

(22) Installation Method of Frequently Used Compensators

PAN Yue (Luoyang, Henan, China), *LAI Hua - yan*

Abstract: The forms of frequently used compensators are natural compensator, shape compensator, packing type compensator, waveform compensator and spherical compensator. Article has analyzed the advantages and shortcomings as well as suitable scope of the 5 kinds of compensators, focal notice item points have been introduced.

Key words: pipeline; compensator; hanging rack; installation

(27) Construction Technology of Blowing and Pressing of Large Scale Gas Treatment Device

WANG Zhao - min (Puyang, Henan, China)

Abstract: According to construction practices of several large - scale projects, experiences for construction technology of blowing and pressing of large - scale gas treatment device have been made. Schemes determine, construction organization and equipment arrangement as well as construction methods have been introduced in detail at the article.

Key words: petrol - chemical device; pressure test; blowing to sweep; construction methods

• **WEST - EAST PIPELINE** •

(31) General Problems That Exist in Technical Application for Pipeline Automatic Welding of West Gas Transported to the East

LI Xian - jun (Beijing, China), *GUO Bao - shan*

(33) Construction and Anti - collapse Measures for Pipeline Construction in Paddy Field for West Gas Transported to the East

GAO Yun - qing (Xuzhou, Jiangsu, China), *ZHANG Cun - hua*, *LI Hui - fu*

Abstract: There are some difficulties in the section of paddy field to carry out pipeline construction, such as surface is muddy, ditch to be easy collapse. Taking Hangzhou branch line section pipeline construction for example, we have explained ditching, pipe lying, pipeline installation and backfill etc. We have introduced 4 kinds of defences to collapse.

Key words: paddy field; pipeline; construction; collapse defences measures

• **WELDING TECHNOLOGY** •

(36) Defects and Prevention of Pipeline Semi - automatic Welding in Hill and Mountainous Region

HU Pei - hai (Puyang, Henan, China), *ZHANG Gong - jun*, *ZHANG Li - fen*, *ZHANG Xi - zhou*

Abstract: To carry out welding in hill and mountainous region, the defects that may produce are: Incomplete fusion, non - thorough weld, crack and concave etc.; Reasons are: (1) because the section is more steep slope, equipment and pipeline do not be easy to park smoothly so that cause pipeline to shake or move; (2) the difference in temperature of mountainous region of day and night is big; (3) gust has greater wind speed. According to above - mentioned reasons, we have adopted corresponding precautionary measures; welding percent of pass have been raised near 6%.

Key words: mountainous region; pipeline; semi - automatic welding; defect; cause; precautionary measures

(38) Application of Sub - arc Welding for Thick Wall Vessel of Stainless Steel

JIA Li - jian (Puyang, Henan, China), *YAN Zhu - en*

Abstract: If sub - arc automatic welding for thick wall vessel of stainless steel was adopted, its welding joint forms greater welding stress and hot crack easily. Compared by analysis, we have selected SJ261 sintering type welding fluxes, have prepared the welding technology and a series of related technical measure that suits the thick stainless steel of 32 mm, and have guaranteed the welding quality of the vessel of stainless steel efficiently.

Key words: sub - arc automatic welding; stainless steel; welding material; welding technology

• **TOOLS & EQUIPMENT** •

(40) Orifice Preheat Equipment Mounted on Vehicle by Electromagnetism Induction Type of Energy Saving

XU Jin - hua (Langfang, Hebei, China), *WANG Lin - zhang*

Abstract: In order to satisfy the requirements of orifice preheat of big diameter steel tube, intermediate