

2 m² 竖炉炉壳退火工艺研制

齐永丰, 赵志, 张晓阳, 张静

(沈冶重型装备(沈阳)有限责任公司, 辽宁 沈阳 110027)

[摘要] 2 m²竖炉炉壳由钢板卷制焊接制成,焊接后需进行退火消除焊接应力。通过制定合理的退火工艺、采取有效的防变形措施,竖炉炉壳焊接退火后效果良好,变形量满足要求,产品质量达到了图纸及技术协议要求。

[关键词] 竖炉炉壳; 退火; 竖炉

[中图分类号] TF821 [文献标志码] B [文章编号] 1003-8884(2021)06-0066-05

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.06.015

0 引言

该2 m²竖炉为出口产品,沈冶公司系首次生产制造该产品。2 m²竖炉的关键部件为两段炉壳,炉壳下和炉壳上,材质为Q235B。炉壳下成锥形,由钢板水套作成水冷壁,由12 mm厚和16 mm厚的钢板卷制焊接而成,规格尺寸为 $\Phi 2\ 316/\Phi 1\ 980 \times 3\ 000$ mm,重量为5 240 kg,底部有18个吹风孔和2个通水孔,炉壳下示意图如图1所示。炉壳上为直筒型,由钢板水套作成水冷壁,由12 mm厚和16 mm厚的钢板卷制焊接而成,规格尺寸为 $\Phi 2\ 316/\Phi 1\ 980 \times 4\ 438$ mm,重量为4 800 kg,炉壳上示意图如图2所示,竖炉装配如图3所示。

炉壳的主要作用是承载砌砖体并承受砖体的膨胀力以保证其稳定性、承受炉内气体压力以及炉上部装料等设备的载荷、承受因冷却设施失效而产生的高额热应力及热疲劳,另外炉壳还要求有保证炉体密闭的作用,使有害气体不泄露、不污染环境^[1],因此一般工程上都要求炉壳焊接后要进行退火处理消除焊接应力。由于炉壳下、炉壳上要与其它部件在现场进行对接,因此此类薄壁壳体类工件在退火中如何控制变形是过程控制的关键,它关系到该产品的生产周期、安装精度和使用寿命。

[收稿日期] 2021-07-10

[作者简介] 齐永丰(1980-),男,辽宁沈阳人,高级工程师,硕士,主要从事金属材料及热处理方向研究工作。

[引用格式] 齐永丰,赵志,张晓阳,等.2 m²竖炉炉壳退火工艺研制[J].有色设备,2021,35(6):66-70.

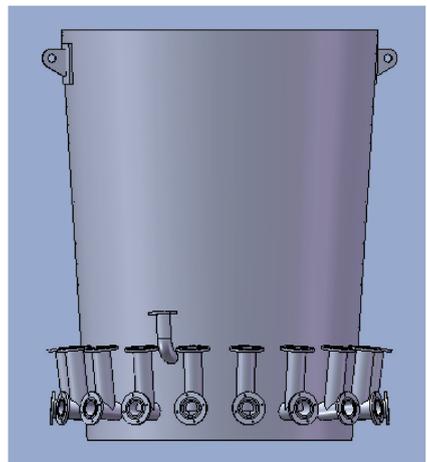


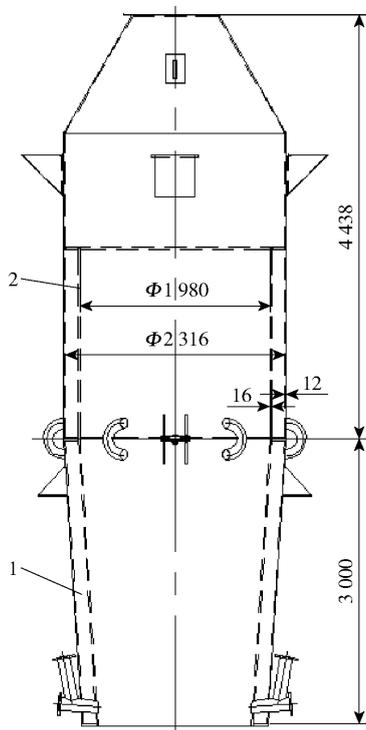
图1 炉壳下示意图



图2 炉壳上示意图

1 项目的技术关键

为保证该项目的顺利实施,要把握好以下几个



1. 炉壳下 2. 炉壳上

图3 竖炉装配示意图

技术关键点:

(1) 通过对比履带式电加热片退火、沈冶公司

进炉退火、外委进炉退火的优缺点, 确定退火方式;

(2) 沈冶公司从未尝试过 12 mm 厚、16 mm 厚的薄壁筒体类工件的卧式进炉退火, 通过首件试制确定筒内焊接支撑位置;

(3) 装炉时为保持筒体摆放的稳定性, 需制作托架, 确定托架形式及摆放位置;

(4) 设置好热处理参数, 采取一系列防变形措施, 控制产品的变形量, 满足图纸技术要求;

(5) 提高产品内在质量的同时保证生产周期。

2 项目的方案与实施

2.1 确定退火方式

通过对履带式电加热片退火、沈冶公司进炉退火、外委进炉退火的优缺点进行对比, 选择合理的退火方式。

沈冶公司可采用的退火设备如下: ①热处理车间 H1100 台车式电阻炉: 6 000 (长) × 4 000 (宽) × 2 700 (高) mm; ②铸造分公司燃气炉: 7 000 (长) × 4 500 (宽) × 3 500 (高) mm; ③履带式电加热片。

炉壳下退火, 对比履带式电加热片退火、热处理车间卧式进炉退火、铸造分公司立式进炉退火。对照表如表 1 所示。

表 1 炉壳下退火方式对照表

履带式电加热片退火	环焊接焊缝较多, 并且有锥形面, 履带铺设困难, 加热和保温效果不好, 工人劳动强度高, 存在不安全因素。薄板受热不均, 易产生变形。优点是不受场地、设备承制范围等因素影响。
热处理车间卧式进炉退火	需要制作三个托架, 托架总重量共 150 kg, 焊接件 7 元/kg, 费用 1 050 元。由于筒体是锥面, 托架与筒体接触不好时, 易出现线接触情况, 造成产品变形。
铸造分公司立式进炉退火	一炉可以处理 3 件, 不需要制作任何制具, 垫平整实即可。需要发生一定运费, 125 元/件, 共 6 件, 共 750 元。立式装炉不易变形。

通过三种退火方式的对比可知, 对于炉壳下, 采用铸造分公司燃气炉立式退火效果好, 变形小, 操作简单, 一炉可以处理 3 件产品, 可降低生产成本, 吊装也比较方便、安全。

炉壳上退火, 对比履带式电加热片退火、热处理车间卧式进炉退火、外委立式进炉退火。对照表如表 2 所示。

成本计算: ①履带退火, 工时费: 252 小时 × 3 元/小时 = 756 元。电费: 480 度 × 6 小时 × 0.5 元/度 = 1 440 元。共 756 + 1 440 = 2 196 元, 其中未包括加热片, 保温毯损耗费用; ②热处理台车炉退火, 工时费: 96 小时 × 3 元/小时 = 288 元。电费: 1 000

度 × 3 小时 × 0.5 元/度 = 1 650 元。共 288 + 1 650 = 1 938 元, 未包括炉子折旧费。③外委退火, 0.7 元/kg × 4 880 kg = 3 416 元, 不包含运输费用。

通过三种退火方式的对比可知, 对于炉壳上, 采用热处理车间卧式进炉退火, 退火质量能够保证, 安排多件产品连续进炉退火, 成本也能够得到有效控制。

2.2 制作合理的工装制具及采取防变形措施

炉壳下, 采用铸造分公司燃气炉立式装炉退火, 不需要采用任何工装制具, 也不用焊支撑, 只要装炉时垫平整实即可。

炉壳上, 采用热处理车间台车式电阻炉卧式装

表2 炉壳上退火方式对照表

履带式电加热片退火	环焊接焊缝较多,并且有锥形面,履带铺设困难,加热和保温效果不好,工人劳动强度高,存在不安全因素。薄板受热不均,易产生变形。电费、履带式加热片损坏、保温毡的损耗、工时费用加在一起比H1100台车炉费用要高。优点是不受场地、设备承制范围等因素影响。
热处理车间卧式进炉退火	托架可以利用包装发货托架,不必重新制作托架。托架摆放处应焊接筒内支撑。卧式装炉要制定吊装方案,避免出现安全事故,筒体摆放准确位置。几件产品要同时焊接完毕,连续进炉,热处理炉连续工作有利于降低成本。
外委立式进炉退火	外协厂家报价0.7元/kg,大约3500元/件左右,不包含运费。由于外协厂家设备承制范围较大,存在配炉情况,加热温度不能保证,加热时间也不能保证,产品质量不易控制。

炉退火,需制作退火用托架,托架如图4所示。炉壳上内部需焊法兰支撑,图5为支撑位置示意图。装炉退火时,炉壳上摆放在托架上,需3个托架,摆放位置如图6所示。托架位置要与内部支撑位置对齐,保证壳体受力处内部有支撑。壳体装炉时,一定要垫平垫实,有缝隙处用楔铁垫好。

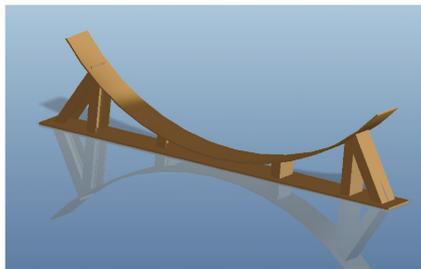


图4 炉壳上退火托架示意图

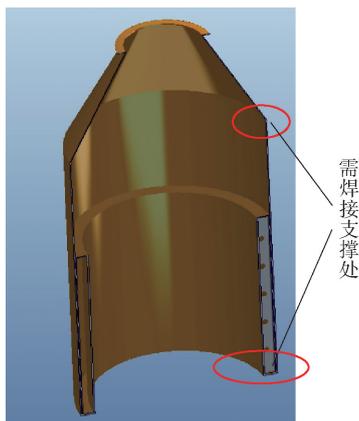


图5 炉壳上退火支撑位置示意图

2.3 确定退火参数

退火参数的选取要考虑壳体的形状及厚度,确保退火效果的同时尽量减少变形量。本项目筒体较薄,筒体重量不大,为避免退火温度过高造成壳体强度下降,最终确定退火工艺如图7所示。

热处理工艺曲线说明:①升温阶段一,室温至

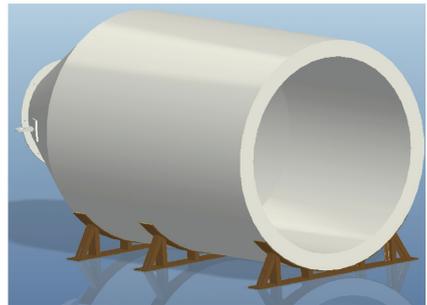


图6 炉壳上退火托架摆放示意图

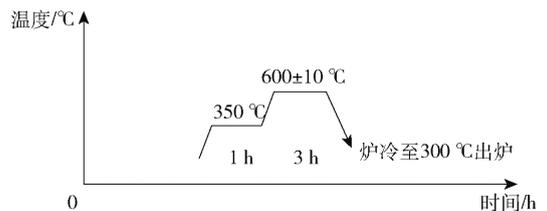


图7 炉壳退火工艺

350℃,可不必控制升温速度;②保温阶段一,350℃保温1h;③升温阶段二,350℃—600±10℃,控制升温速度≤80℃/h;④保温阶段二,600±10℃,保温3h;⑤降温阶段,保温3h后,停止送电,随炉冷却,控制降温速度≤85℃/h,待冷却至300℃以下,出炉,在静止空气中自然冷却至室温。

2.4 退火过程实施及控制

炉壳下铸造分公司燃气炉立式装炉退火,只要垫平垫实即可,操作过程中按工艺卡片执行。炉壳下退火装炉示意图如图8所示。

炉壳上热处理车间台车式电阻炉卧式装炉退火,为防止壳体在加热和冷却过程中的变形,采取了如下措施:①在装炉时,炉壳内部焊支撑,摆放在3个托架上,托架位置要与内部支撑相对应,如有缝隙,用楔铁垫实;②控制升温速度,保证壳体受热均匀,冷却时要随炉冷却至300℃以下出炉空冷,保证



图8 炉壳下退火装炉示意图

升温降温缓慢进行,避免冷热不均造成变形;③相关车间要严格执行工艺,工艺员到现场进行指导跟踪;④现场施工时,操作者应按工艺规程操作,应有准确和完整的仪表记录曲线。操作者需填写工艺卡片内容,并在曲线旁标记合同号、日期、产品名称及操作者姓名;⑤工作完毕后由工艺人员负责采集记录曲线,连同工艺卡片一起存档备查。炉壳上退火装炉

示意图如图9所示。



图9 壳体上退火装炉示意图

2.5 变形量检测

炉壳进炉退火前检测长度和半径,退火后再次检测长度和半径,对比前后的变化,经检测炉壳退火后变形量符合图纸技术要求。炉壳上、炉壳下退火前后检测数据如表3、表4所示。

表3 炉壳上退火前、后检测数据

炉壳上检测位置示意图	项目	实测设计	退火前各部位尺寸								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
	H1	4 438 ± 1.5	0	+0.5	+0.5	+1	0	-0.5	0	0	
	H2	3 200 ± 1	0	+0.5	+0.5	+1	0	-0.5	0	0	
	R1 上	1 158 ₀ ^{+1.5}	+0.5	0	0	+1	+0.5	0	+0.5	+1	
	R1 下	1 158 ₀ ^{+1.5}	+1	+0.5	0	+0.5	0	0	0	+1	
	R2 上	990 _{-1.5} ⁰	-0.5	-0.5	0	-0.5	-1	-0.5	-1	0	
	R2 下	990 _{-1.5} ⁰	0	-0.5	-0.5	-1	-1	0	-0.5	-0.5	
				退火后各部位尺寸							
	H1	4 438 ± 1.5	+0.5	+1	+0.5	+1	0	0	+0.5	0	
	H2	3 200 ± 1	+0.5	+1	+0.5	+1	0	-0.5	+0.5	0	
	R1 上	1 158 ₀ ^{+1.5}	+0.5	+0.5	+1	+0.5	+0.5	0	+0.5	+0.5	
	R1 下	1 158 ₀ ^{+1.5}	+0.5	+0.5	0	+0.5	0	0	+0.5	+1	
	R2 上	990 _{-1.5} ⁰	-1	-0.5	0	-0.5	-1	0	-0.5	0	
R2 下	990 _{-1.5} ⁰	-0.5	0	-0.5	-1	-1	0	0	-0.5		

2.6 后续产品跟踪

首件试制后,确定合理的热处理参数及防变形措施,应用于后续产品,对后续产品进行跟踪指导。

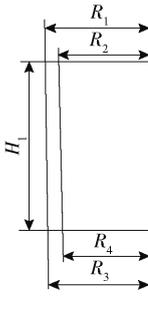
竖炉合同总量为6台,共6件炉壳下,6件炉壳上。炉壳下铸造分公司燃气炉退火,每炉处理3件,共2个炉次,退火后检测变形量,变形量较小,退火

效果良好。炉壳上热处理车间台车式电阻炉退火,每炉次处理1件,共6炉次,退火后变形量较小,退火效果良好。

3 结论

(1)炉壳下铸造分公司燃气炉立式装炉退火,

表4 炉壳下退火前、后检测数据

炉壳上检测 位置示意图	项目	设计	实测							
			1	2	3	4	5	6	7	8
	退火前各部位尺寸									
	H1	3 000 ± 1	+0.5	0	+0.5	+1	0	-0.5	0	-0.5
	R1	1 158 ₀ ^{+1.5}	+1	+0.5	0	+1	+0.5	0	0	+0.5
	R2	990 _{-1.5} ⁰	-0.5	0	-0.5	-1	0	-0.5	0	-1
	R3	968 ₀ ^{+1.5}	+0.5	+0.5	+0.5	0	0	+0.5	+1	0
	R4	800 _{-1.5} ⁰	0	-1	-0.5	-0.5	-1	0	0	-0.5
	退火后各部位尺寸									
	H1	3 000 ± 1	+0.5	0	+1	+1	0	-0.5	+0.5	0
	R1	1 158 ₀ ^{+1.5}	+0.5	+0.5	+0.5	+1	+0.5	0	+0.5	+0.5
	R2	990 _{-1.5} ⁰	-0.5	0	0	-1	0	0	0	-1
R3	968 ₀ ^{+1.5}	+0.5	+0.5	0	0	0	+0.5	+1	0	
R4	800 _{-1.5} ⁰	0	-1	-0.5	-1	-1	0	0	-1	

效果良好。炉壳上热处理车间台车式电阻炉卧式装炉退火,变形量符合图纸技术要求,退火效果良好,积累了筒体卧式进炉退火经验,为处理薄壁筒体类提供指导。

(2)确定合理的热处理参数,制作退火专用托架,采取有效的防变形措施,确保产品满足图纸技术要求的同时,保证了生产周期。

Development of Annealing Process for a 2 m² Shaft Furnace Shell

QI Yong-feng, ZHAO Zhi, ZHANG Xiao-yang, ZHANG Jing

Abstract: The 2 m² Shaft furnace shell is made of steel plate by rolling and welding, and it needs to be annealed after welding for stress relief. By formulating a reasonable annealing process and taking effective anti-deformation measures, the shaft furnace shell shows an excellent performance after welding and annealing, with the deformation living up to the requirements, and the product quality complying with the requirements of the drawings and technical agreement.

Key words: shaft furnace shell; annealing; shaft furnace

