# 150 t 转炉炉壳的制作

郝 洁

(内蒙古包钢西北创业机械设备制造有限公司,内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 转炉炉壳是转炉炉体的重要组成部件,文章讨论的150 t转炉炉壳是包钢炼钢厂的主要设备。它的制作工艺是否合理直接影响到了转炉的安全使用及预期使用年限。通过包钢机械设备公司的生产实践,检验了制作工艺的合理性和可行性,达到了图纸的技术要求和相关标准要求。

**关键词:** 压制成型; 装配; 焊接; 立装

**中图分类号:** TF748⁺.03 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)01-0065-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.01.020

## Fabrication of 150 t Converter Shell

*HAO Jie*

(*Mechanical Equipment Manufacturing Co. Ltd. of Northwest Pioneer Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

**Abstract:** The converter shell is an important component of converter body. The 150 t converter shell discussed in this paper is the main equipment in Steel-melting Plant of Baotou Steel. Its production process is the direct impact on the safe use and the expected useful life of the converter. Through the production practice of Baotou Steel Mechanical Equipment Company, test the rationality and feasibility of production process to meet the technical requirements of drawings and the requirements of relevant standards.

**Key words:** press forming; assembly; welding; vertical installation

转炉炉壳是冶炼钢水的重要容器,是整个炉子的承载部分,皆采用圆柱型。包钢炼钢厂150 t转炉炉壳为全焊接式固定炉底结构,内部砌筑打结耐火材料,上部采用水冷方式进行保护以防止冶炼过程中产生热变形。

## 1 概述

### 1.1 主要结构

150 t转炉炉壳由于体积大重量重受到运输限制,将炉壳整体分成三段制作,然后到现场进行整体组焊。三段分别为上段(上回转体和上锥体,重量为34 702 kg)、中段(直段I,重量为24 195 kg)以及下段(直段II和下回转体及炉底,重量为61 291 kg)。炉壳最大外径Φ6 650 mm,高度为8 920 mm,所用钢板厚度均为70 mm,见图1。

### 1.2 主要制作难点

(1)回转体部分压制成型。上回转体、下回转体及炉底为不可展曲面,同时所用钢板厚度较大,必须要设计专用的回转体压制胎具,并且配合机械进行热压成型。

(2)回转体部分矫正变形。回转体是分多块进行压制,压制过程中由于钢板厚度影响,导致每块回

**收稿日期:** 2016-08-01

**作者简介:** 郝洁(1980-),女,内蒙古包头市人,工程师,现从事焊接工艺技术工作。

中国知网 https://www.cnki.net

转体在压制完成后都会有不同程度的变形。所以，要采用专用箱形样板配合机械进行矫正，以确保回转体的整体装配质量。

(3) 炉壳上段、中段及下段预装。为了给现场安装创造良好条件，需在制作单位进行整体预组装，预组装过程中要调整好装配间隙、错边量及棱角度，并做好定位基准同时进行标记，以确保炉壳在现场的整体安装质量。

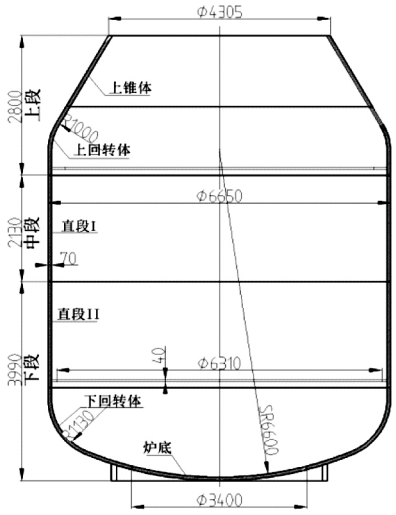



图1 炉壳结构

## 2 制作工艺

### 2.1 炉壳上段(上锥体和上回转体)制作

#### 2.1.1 上锥体制作

(1) 上锥体分三块采用数控切割机进行下料(非等分)，然后在三辊对称式卷板机上进行滚曲成型，滚曲过程中上锥体上下口采用定制弧形样板检查。曲弧后检查弧面并修复变形，将单块锥体立放在已测平的平台上，采用弧形样板检查高度方向的弧度是否一致，如存在问题需按样板弧面进行修理，合格后备用。

(2) 预装：用钢板铺制平台，水平仪测平后的平台平面度要控制在2 mm以内。在平台上放出上锥体装配的中心线、接口位置线，上下口里径尺寸线。将检查合格的上锥体放置在平台上按要求进行整圈的组对。组对时下口以地样为准，卡样板检查，并吊线坠核对上口尺寸，保证纵缝装配无间隙，同时调整纵缝错边量要控制在2 mm以内，周长公差控制在10 mm范围内，最大最小直径差控制在5 mm以内，合格后将三块上锥体分别做好接口标记。

#### 2.1.2 上回转体制作

(1) 上回转体分为十块热压成型，单块回转体下料采用近似展开法进行，四周需预留40mm余量，然后采用数控切割机进行切割。

(2) 根据单块上回转体尺寸，设计、制作上回转体压制胎具。根据胎具图先制作铸造模型，经铸钢车间浇铸成型。上回转体上下胎具图，见图2[1]。

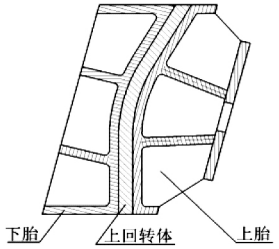



图2 上下胎具图

(3) 将上胎和下胎在1 500 t油压机上找正后用螺栓紧固，让上胎具空行程上下走几次，如间隙无变化且均匀，即为安装调整好了。

(4) 热压成型：将下好料的单块上回转体置于煤气炉中加热至900～950 ℃，从炉中取出，吊置于1 500 t油压机平台上的上、下胎具之间，调整位置(上、下胎4条中心线要对齐)，压制成型。

(5) 压制成型后调整：成型冷却后，采用木制箱型样板进行检查。发现不合适，再上胎具进行冷修，直到合适为止。箱型样板，见图3[2]。

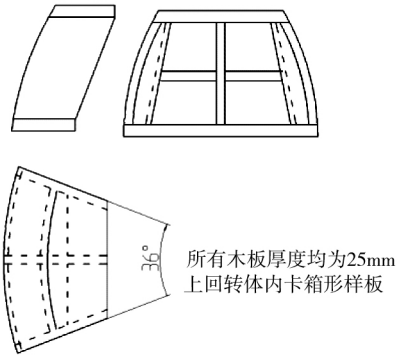



图3 上回转体箱形样板

(6) 切边(二次下料)：进行二次下料。二次下料前采用箱型样板号出四边形边界线(划出上、下口及两侧线，打出样冲印)。每块上回转体切割线号好后，两侧均采用双轨道磁轮半自动切割先切出两侧纵缝及坡口(开双面V型坡口)，切割时两侧纵缝线要放大，以考虑焊接收缩。

中国知网 https://www.cnki.net

(7) 上回转体装焊。装配前，要求保证装配平台平面度要≤2 mm，在平台上划出上回转体的上、下口直径(10 道焊缝，每道放大 3 mm，直径比理论尺寸要放大 9 mm)。

装配时，在回转体下口线上焊上高度相等的板条，与平台下口线对齐。上口采用吊线坠检测其是否与平台上口线相符，合适后点焊加固板条。一块合适后，装配另一块，以此类推，装配好后将接口点焊加固。整个一圈装配完毕后，在各道接口处以弧板为筋板，并采用∠100 mm×100 mm×10 mm 的角钢与工字钢焊接牢固，以保证减小焊接变形。

上回转体纵缝焊接采用 $CO_2$ 气体保护焊，焊丝 ER50－6，Φ1.2 mm，焊接电流 160～260 A，电弧电压 21～24 V，焊接速度 20～50 m/h，气体流量 10～15 L/min。共 10 道焊缝，为减小焊接变形和应力集中，采取 5 名电焊工同时施焊。采取立焊位置焊接，先焊外侧，打底一层，中间填充三层，盖面一层。内侧采用碳弧气刨清根后再焊，清根后打底两层，中间填充三层，盖面一层，见图 4[图]。

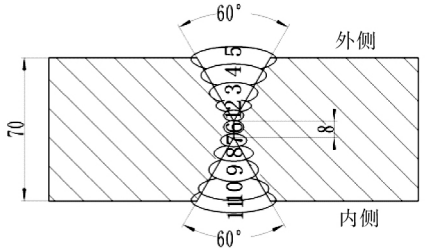



图 4　纵缝焊层、焊道布置

焊接完成 24 h 后对上回转体纵焊缝进行 100% 超声波探伤检查，II 级合格。

(8) 上口下口进行找平。焊接合格后，在回转体下口线处找出对称三点用水平仪测平，以这三点为基准，测平下口一圈各点。然后根据图纸尺寸在上口处找出上口相应一点(按垂直高度，用水平仪测出)，并以此点为基准，用水平仪测平上口一圈各点，把上口、下口各点连成线，用盘尺测量其上口、下口周长是否与图纸相符，不相符则可以上下调整，直到符合要求为止。然后在上口、下口线上打出样冲印。

(9) 按照样冲印位置，采用特制的弧形轨道用半自动磁轮切割机对上回转体上口、下口进行切割平口。平口后再对上口、下口周长进行检测，检测合格后开制上口、下口环缝坡口。

2.1.3　上锥体与上回转体装焊

在平台上放出上回转体下口部分的实样，均匀找出几点，垫几块等高的钢板条以便调整高度，同时号出中心线及装配位置线，并将上口下口分别调平。调平后，将三块上锥体按号好的位置线依次平落在上回转体上口。调整上锥体与上回转体的环缝错边量以及上锥体间纵缝错边量，要控制在 2 mm 以内，并保证上锥体纵缝无间隙，同时对上锥体上口进行测平、盘周长，符合要求后点沾牢固分别进行上锥体纵缝和整体环缝的焊接。

环缝焊接采用 $CO_2$ 气体保护焊，采取 4 名电焊工同时施焊。采取横焊位置焊接，内外侧均采用多层多道焊，先焊内侧，共五层，先焊三层，其中打底一层一道及中间先填充两层且每层分别为两道及三道，接着外侧采用碳弧气刨清根后进行焊接。外侧共七层，先焊四层，其中打底一层一道及中间先填充三层且每层分别为两道及三道。外侧焊完四层后先将内侧剩余两层填满，然后将外侧剩余三层填满，见图 5。

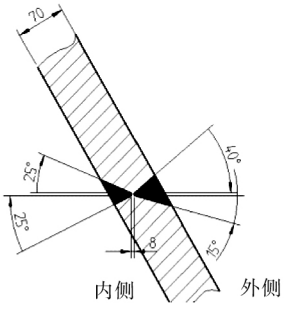



图 5　上锥体与上回转体环缝焊接坡口

在对环缝进行 100% 超声波探伤检查后发现局部存在焊接缺陷，对缺陷进行返修过程中发现中间层存在气孔及夹渣缺陷。分析原因主要是由于横焊时采用多层多道焊时，对层间焊渣清理不彻底造成熔合不好，且由于气体流量过大产生不规则的紊流，使保护效果变差产生氮气孔。针对缺陷问题，在后期焊接过程中采取措施调整好焊接工艺参数，且加强层间焊道的焊渣清理工作，避免了焊接缺陷的产生。

2.2　炉壳中段(直段 I)制作

(1) 直段 I 分为二分之一制作。采用数控切割机进行下料，下料时要按直径放大 2 mm 计算展开尺寸，以防焊接收缩变形。

(2) 滚曲：在 1 500 t 油压机上进行压头，压头完

中国知网　https://www.cnki.net

毕后在三辊对称式卷板机滚曲，滚曲时要采用弦长不小于1 500 mm及直径放大2 mm的样板边滚边检查，炉壳内侧与样板间隙不得大于2 mm。

(3) 矫圆上支撑：用钢板铺制平台，平面度要小于2 mm。铺制好的平台上放出直段二分之一的地样，直径放大2 mm，将滚曲后直段部分放置于地样上配合千斤顶矫圆，矫圆合格后焊接Ⅰ20的上、下双层工字钢进行支撑防止变形。

(4) 装焊：在平台上放出直段Ⅰ的整圈地样，号出分瓣线，直径放大2 mm，用等高的钢板均匀垫三点，用水准仪测平，平面度要小于2 mm。放好地样后进行直段Ⅰ的装配，装配过程中要进行上口和下口的测平，盘出上口及下口的周长，周长公差控制在10 mm范围内，且上口和下口的不平度要控制在4 mm之内，纵缝的错边量要控制在2 mm之内。符合要求后进行直段Ⅰ纵缝的焊接，焊接方法同上回转体焊接一致。

2.3 炉壳下段(直段Ⅱ、下回转体及炉底)制作

(1) 直段Ⅱ与直段Ⅰ制作方法相同；

(2) 下回转体分十二块下料压制成型，制作方法与上回转体相同；

(3) 炉底分二分之一下料，下料后置于煤气炉中加热至900～950 ℃，从炉中取出，吊置于1 500 t油压机平台上的上、下胎具之间压制成型。成型后开制双面V型坡口进行接料，先焊内侧，焊好后翻个背面清根后焊接。炉底焊接合格后进行二次划线，并采用磁力切割机开制环缝双面V型坡口；

(4) 下回转体与炉底装焊：在平台上放出下回转体上口地样，将下回转体倒置于平台地样上调平，装配炉底。调整好环缝错边量及间隙后进行整体焊接，然后焊接炉底座；

(5) 直段Ⅱ与下回转体(炉底)装焊：①将整个炉底放置在已测平平台上进行上口的调平找正，然后将直段Ⅱ按位置线放置在炉底上，调整环缝错边量及装配间隙，合格后进行环缝的焊接。②环缝焊接采用$CO_2$气体保护焊，采取4名电焊工同时施焊。采取横焊位置焊接，内外侧均采用多层多道焊，先焊内侧，共五层，先焊三层，接着外侧采用碳弧气刨清根后进行焊接。外侧共七层，先焊四层且多道焊。外侧焊完四层后先将内侧剩余两层填满，然后将外侧剩余三层填满，见图6。③焊接完成24 h后对环焊缝进行100%超声波探伤检查，Ⅱ级合格。

2.4 炉壳上段、中段及下段的预装

2.4.1 下段与中段预装

(1) 采用立装的方式，将下段放置于已测平的平台上，调平找正下段的下口和上口平面度，然后拉钢线找出下段的中心点并打样冲印标记。

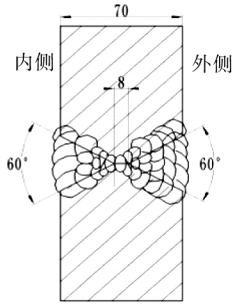



图6 直段Ⅱ与下回转体环缝焊道布置

(2) 将中段按位置线放置于下段上口，采用定位卡具调整环缝错边量及间隙，采用水平仪进行中段上口的调平，调平后通过中段外圆的四条中心线拉十字钢线，向下段中心点吊线坠检查是否重合来确定中心偏移(同心度)，要求中心偏移控制在2 mm以内，超差则进行调整。两段预装完毕后要进行整体检查，炉壳预装精度要求：上口最大最小直径差≤8 mm、上口平面度≤4 mm、高度差<6 mm、环缝错边量≤4 mm、中心偏移<10 mm，对于超精度要求的要进行调整，直到满足GB 50403—2007，《炼钢机械设备工程安装验收规范》要求为止[国]。

2.4.2 中段与上段预装

(1) 采用立装的方式，在已测平的平台上将中段内直径放地样并将中心点打样冲印标记，然后将中段放置于地样上，采用水平仪将上口和下口分别调平。

(2) 将上段按位置线放置于中段上口，采用定位卡具调整环缝错边量及间隙，采用水平仪进行上段上口的调平，调平后同样拉十字钢线检查中心偏移。两段预装完毕后要进行整体检查，炉壳预装精度要求：上口最大最小直径差≤8 mm、上口平面度≤4 mm、高度差<6 mm、环缝错边量≤4 mm、中心偏移<10 mm，对于超精度要求的要进行调整，直到满足要求为止。

2.5 现场整体装焊

(1) 将三段炉壳分别运往现场进行整体装焊，同样采用立装的方式，按照单段预装完成后做好的标识位置进行装配，装配方法与单段预装方法一致，

(下转第75页)

中国知网 https://www.cnki.net

从加热曲线中可以看出各个加热区的温度曲线记录，从而了解温度控制性能以及系统温度控制的响应速度。

## 5　结束语

加热炉温度控制系统采用 PLC 技术，就是通过 PLC 核心的闭环 PID 控制进行温度控制，使系统响应时间缩短，有效地提高了温度控制的稳定性、精确度，使温度控制精度达到 ±5 ℃的误差范围，具有较强的抗干扰能力，很好地解决了传统加热炉温控系统中出现的问题。

### 参　考　文　献


[1] 徐滤非. PLC 在温度控制系统中的应用 [J]. 现代电子技术，2004，(3)：65 – 67.

[2] 程武山. 智能控制理论与应用 [M]. 上海：上海交通大学出版社，2006.

[3] 朱红梅，潘美君. 西门子 PLC 在混合炉温度控制系统中应用 [J]. 电气自动化，2012，34(6)：85 – 86.


(上接第 68 页)

待两道环缝调整合格后进行焊接，5 名焊工同时对称施焊以控制焊接变形。焊接方法同单段环缝焊接方法一致，内外侧均采用多层多道焊，内侧先焊三层，接着外侧采用碳弧气刨清根后进行焊接，然后内外侧交替进行多层多道焊直到将焊缝填满为止。为避免产生焊接缺陷如气孔、夹渣等，对现场施焊环境要提前遮挡，调整好气体流量，每焊完一层都要采用砂轮对层间焊渣进行仔细清理，以确保焊缝一次探伤合格避免返修。

(2) 焊接完成 24 h 后对两道环焊缝进行 100% 超声波探伤检查，II 级合格

(3) 焊缝检查合格后采用陶瓷加热垫对两道环焊缝进行消除应力退火处理，退火温度控制在 600 ~ 650 ℃，保温 3 ~ 5 h，12 h 后降温至室温。

## 3　结束语

通过对炉壳各分段部分制作难点的质量控制，在制作过程中采取优化设计成型工装模具以及选择合理的定位装配等工艺措施，成功完成了 150 t 转炉炉壳的制作任务。在现场装焊完成经用户实际检测后获得了用户的好评，同时在后期投入使用过程中未出现炉壳变形及焊缝开裂等现象。

### 参　考　文　献


[1] 翟洪绪. 实用铆工手册 [M]. 北京：化学工业出版社，2004.

[2] 王政，刘萍. 焊接工装夹具及变位机械图册 [M]. 北京：机械工业出版社，1992.

[3] 斯重遥，周振丰. 焊接手册 – 材料的焊接 [M]. 北京：机械工业出版社，1995.

[4] GB 50403—2007，炼钢机械设备工程安装验收规范 [S].


中国知网　https://www.cnki.net