

# 碳素制品在高炉上的砌筑施工实践

马国章, 姜雷, 于宝山, 孙伟峰

(莱芜钢铁集团有限公司 十五技改工程指挥部, 山东 莱芜 271104)

**摘要:** 介绍了莱钢1#1880m<sup>3</sup>高炉采用碳素制品砌筑的施工规范及验收方法。对于广泛应用于高炉砌体,特别是炉底、炉缸等高温无氧熔池部位的碳素制品,砌筑的施工规范、材料性能检验等是保障高炉砌筑质量的关键保障之一。

**关键词:** 高炉砌筑; 碳素制品; 施工规范; 检验

中图分类号: TF065.1 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2005)02-0049-03

## Application Practice of Carbon Products on Blast Furnace Brickwork

MA Guo-zhang, JIANG Lei, YU Bao-shan, SUN Wei-feng

(The Headquarter of Tenth-five-year's Technological Upgrading Projects, Laiwu Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

**Abstract:** The construction specifications and acceptance-test procedures of brickwork applied with carbon products in Laigang 1880m<sup>3</sup> BF are introduced. For the carbon products applied to the masonry envelope of BF, especially those pot crucible parts, like hearth and crucible with high temperature and oxygen-free, construction specifications for bricklaying and material property inspection are the key points for guarantee the overall quality of blast furnace brickwork.

**Key words:** last furnace brickwork; carbon products; construction specification; inspection

随着钢铁冶炼技术的发展,高炉趋于大型化。为达到高炉长寿、低耗、节能的目的,除了应用新技术、新材料外,高炉的砌筑施工质量也是关键。莱芜钢铁股份有限公司(简称莱钢)1#1880m<sup>3</sup>高炉的炉底、炉缸等高温无氧熔池部位采用了碳素制品砌筑,通过建立规范的施工体系和验收方法,确保了砌筑施工科学规范,保障了高炉砌筑质量。

## 1 炉底及炉缸内衬施工

(1) 首先在炉底封板以上满铺94mm厚的碳素捣料;在捣料的找平层上满铺两层厚500mm的半石墨碳砖后,再满铺1层厚500mm的微孔碳砖,然后在该层微孔碳砖的中间铺1层厚500mm的微孔碳砖,在此层的周边环砌5层厚98.3mm的UCAR小块碳砖,微孔碳砖与小碳砖之间及微孔碳砖与冷却壁之间用碳素捣料捣固;

(2) 炉底环砌13层UCAR碳砖;

(3) 炉底环砌UCAR小块碳砖并在内部满铺(立砌)两层400mm高的复合刚玉砖;

(4) 炉缸外侧环砌26层厚114.3mm的UCAR小块碳砖,内侧环砌复合刚玉砖;

(5) 铁口区采用UCAR碳砖及刚玉质组合砖;

(6) 为防止烘炉及开炉初期对炉衬的剧烈破坏,炉底、炉缸内侧砌筑粘土砖保护层。

## 2 炉衬材料性能检验

**块状耐火材料:** 对于外型及尺寸公差检验合格的砖块,按型号随机取样,测定理化性能指标。每种型号的每批产品(每50t为1批)取样数量不少于3块;总量少于10t的,允许几种砖型同取一批试样,但试样数量不

少于3块。3块试样的检验结果应全部达到技术条件规定，然后取平均值。

散状耐火材料：每30t为一批（少于30t时每种可取一组样），按随机取样法每批5个点，每个点不少于2 kg，混合均匀后按四分法取2 kg试样进行各种理化性能检验。

如果第一次取样结果不符合技术条件规定时，允许再取一次，单独复检不合格的项目，复验样品为第一次取样数量的2倍。如果第二次取样仍不合格，则该批产品视为废品，不能用来筑炉。

半石墨碳砖、微孔碳砖和炉底立砌复合刚玉砖，必须在制造厂按设计要求进行预砌。

### 3 炉底炉缸砌筑施工规范

#### 3.1 炉内的测量和画线

(1) 在炉底封板上部按要求焊制扁钢方格网，以便控制碳素捣料找平层标高和水平度。扁钢上表面应预先刨平，安装时先用螺栓初步固定，再用水准仪测量，调整扁钢，严格找平。待整体水平度误差在0~2 mm时再点焊。点焊过程中应注意防止扁钢变形。最后再测量，调节位置直至合格。扁钢上表面的标高必须以风口中心线为基准向下返，以便砌筑风口组合砖。

(2) 在炉内各层砌体的上表面标高，经仪器测量认定后，用红（白）色油漆在炉壳上每隔45°角做好标记。

(3) 精确测定作为炉底和炉缸砌筑定位基点的高炉中心线，然后将此线返至炉壳上，从上至下每隔45°画一条线（见图1）。砌筑炉缸时，用细钢丝吊线坠作为炉缸中心线来校正半径偏差。

(4) 用仪器测量每个铁口的中心线后，在冷却壁上画十字线作标记。

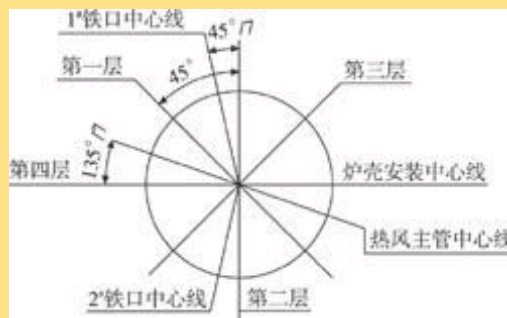


图1 高炉的各角度线

#### 3.2 炉底满铺碳素捣料的捣固及找平

由于炉底满铺碳素捣料作业的表面水平度及砌体标高，是依靠已安装在炉底封板上的扁钢方格网控制的，因此，在进料捣固前，应校检方格网的水平度和标高。将碳素捣料倒在扁钢方格网内，捣固时必须逐格捣打。每次铺料厚度为120~150 mm，边铺边刮平。先用150 mm×150 mm镐头初步压实，再用2~4支风镐依次捣实，直到压缩率大于45%。捣完第一格后，再进行第二格铺料，分两次捣平。最后一次铺料时，应严格控制捣固的高度，捣完一遍后，高的部分铲掉，低的位置填补热糊料，再继续捣固，直至压缩率合格为止。捣固最后一层时，应比扁钢高出2 mm，以利于找平。

碳素捣固体的找平作业采用磨平机磨平。先将扁钢周围高出的部分刮出扁钢，然后按扁钢高度铲掉高出部位，逐格找平。铲平时，如遇局部低的位置，必须补料。补料前先用风镐将低的部位下挖40 mm以上，再填补捣料找平。整个碳素捣固体的表面平整度基本达到要求后，用磨平机磨平。

#### 3.3 炉底满铺半石墨碳砖的砌筑

炉底满铺半石墨碳砖的砌筑，是从炉子中间开始的。砌筑前，除预留必要的砌筑工作场地以外，每层炉底的大部分碳砖，都应按炉内实际砌筑位置的编号顺序在炉内干砌好，并将碳砖之间以及碳砖与炉壳之间的缝隙用木楔楔紧，按第一、二排碳砖的实际砌筑位置用14#导向槽钢固定，并检查导向槽钢的水平度与垂直度。

砌筑前，首先将炉底表面清扫干净，然后砌炉底中心的第一块碳砖，测定第一块碳砖上表面的水平度和垂直度，以此作为第一排炉底砌筑的基准，再向两侧逐块砌筑。砌筑时在碳砖砌筑面上均匀涂刷一薄层碳质泥浆。第一排碳砖砌完后，用千斤顶从两端同时顶紧，所有砌缝都有泥浆挤出，直至砌缝合格，再继续砌第二排碳砖。第二排与第一排碳砖平行砌筑，为使第二排碳砖与第一排碳砖之间的砌缝符合要求，第二排碳砖必须双向顶紧。采用千斤顶顶紧时，各千斤顶的顶力必须适当，防止个别千斤顶的顶力过大造成碳砖拱起或各排砌体歪斜，并在顶紧的同时经常拉线检查，使各排碳砖与检查线平行。检查合格后，卸掉横向受力的千斤顶，砌边缘部位的碳砖。碳砖与冷却壁之间的间隙用木楔锁紧，同时拆除纵向加力的千斤顶和导向槽钢，按前述顺序继续砌筑第三、四排碳砖。

根据劳动力组合、施工工具准备、施工人员熟练程度以及施工现场气温情况，炉底碳砖一次可砌筑2~4排。第一层炉底砌完后，半石墨碳砖与冷却壁之间较宽的缝隙须用碳素捣料填充捣实，表面要略高于半石墨碳砖砌体，最后对炉底上表面找平。第三、四层炉底的微孔碳砖与第一层炉底半石墨碳砖砌筑方法相同，但上下两层砌缝的交角为45°。

### 3.4 环状炉衬的砌筑

按UCAR砖及国产模压微孔小块碳砖在炉外预砌时的编号，从铁口或风口将碳砖按顺序运往炉内，摆在砌筑位置上。环状砌体由双环或多环组成时，应先砌内环，后砌外环。砌筑时，从铁口两侧开始，先在起点处砌2~3块碳砖，检查已砌筑碳砖上表面的水平度、垂直度和碳砖的砌筑半径合格后，再顺着圆周向两边砌筑。当砌到铁口区域时，先砌铁口，再砌铁口两边的碳砖，用千斤顶从两侧顶紧，并同时打紧间隙中的全部木楔，使碳砖接触紧密，防止已砌筑的碳砖砌体产生位移而使砌缝增大。

砌筑环状炉衬时，必须逐层检查碳砖的砌筑半径，其半径的偏差不大于±15 mm，炉衬中心线与高炉垂直中心线的偏差不大于±30 mm。砌体表面的平整度不大于5 mm，用2 m的靠尺检查。合格后才能砌上一层碳砖。

### 3.5 碳素捣料的捣固

微孔碳砖砌体与UCAR小块碳砖之间的间隙以及各层微孔碳砖与炉壳之间的间隙，均采用碳素捣料捣固成坚实、致密的碳素填料体。每层碳砖砌完，经检查合格后，沿直径对称分段，每个区段宽度为1.0~1.5m，将木楔拨出，清除间隙中的垃圾，填充碳素捣料。具体操作如下：

- (1) 将捣料倒入要填充的间隙中，用木制（或铁制）料耙将料面刮平，每次铺料100~150 mm厚。
- (2) 用风镐连续捣固。当压缩率大于45%时，再按上述要求继续铺料捣固。
- (3) 当捣固体高度超过碳砖高度的一半时，可采用螺旋上升捣固法施工。即先用一支镐头底面积较大的风镐将松散的料层表面压紧（压缩率约20%），然后再用2~3支风镐连续捣固（压缩率约30%），总压缩率达到45%时，再继续铺料捣固。
- (4) 最后一次填充捣料的高度应比碳砖砌体上表面高2 mm，找平后再砌上一层碳砖。

### 3.6 炉底碳砖砌体的找平

将炉底沿圆周划分为6~12等分，连接炉底中心，绘出炉底直径线，测出炉底表面标高的基准点（或砌筑前将各层炉底碳砖的标高标在炉壳上）。用2m靠尺（或水准仪）逐块检查等分炉底表面的平整度，标明超高部分的面积范围，然后用铲平机将超高的炉底砌体表面铲掉。必须控制铲平机的吃刀量，严防操作失误使砌体表面出现凹坑，使平整度超差。

### 3.7 铁口区组合砖的砌筑

- (1) 找平：铁口组合砖下部的小碳砖上表面在砌筑前先找平，使水平度不大于±2 mm，并测量铁口中心线至小碳砖上表面之间的距离。低于设计尺寸偏差（±20 mm）才可画线砌筑。
- (2) 画线：找出炉缸中心线和铁口中心线，画出铁口区组合砖的砌筑控制线。
- (3) 预砌：每层砖在砌筑前须先预砌，测量砌体的水平度、错牙和砌缝。合格后将砖移开再砌筑。
- (4) 砌筑：铁口区半组合砖采用碳素泥浆挂浆法砌筑。先砌筑炉内侧的，然后向炉外方向砌筑。每砌一排检查一次，做到横平竖直，砌缝、水平度合格，砌筑时要防止砖滑动。将靠冷却壁的多余的砖除去，使

砌体与冷却壁之间的间隙不大于5 mm，缝隙用碳质浓泥浆填实。

(5) 先砌铁口通道大块异形砖，然后向两边砌筑。铁口框内耐火砖要严格砌筑，确保砌体严密。

(6) 铁口区组合砖与小碳砖的接触面必须保持为平面，其偏差不大于1.0 mm。

#### 4 验收检查方法

(1) 砌缝检查方法：每5 m<sup>2</sup>的砌体砌缝表面检查10处，比规定宽度大50%以内的砌缝不应超过4处。验收大碳砖砌体时，用宽25mm、长300mm的塞尺；验收小碳砖砌体时，用12mm宽的塞尺。测量时大碳砖的插入深度标准为50mm，其他为20mm。

(2) 表面平整度检查方法：将2m钢靠尺放在砌体表面，用宽20mm坡度尺插入砌体与靠尺之间，测量其间隙。水平度用水平仪测量。炉底炉缸砌体表面的测量点为每10m<sup>2</sup>测8点，比规定偏差大20%以上的不超过3点，否则视为不合格。

(3) 捣料压缩率的测量：将捣料松铺后，测量其厚度（*A*），捣打完毕后测量压下量（*B*），则压缩率 $\delta$ 为 $(B/A) \times 100\%$ 。

莱钢1<sup>#</sup>1880m<sup>3</sup>高炉在成熟的750m<sup>3</sup>高炉炼铁技术的基础上，应用了TRT发电、数字化热风炉、高炉炉底烧蚀监测等多项新技术。在高炉砌筑过程中，通过不断优化施工组织设计，认真落实三检制度，确保了高炉砌筑质量。1<sup>#</sup>1880m<sup>3</sup>高炉经过11个多月的建设，于2004年6月18日成功点火，6月19日顺利出铁，实现了13天达产的开炉新记录。

---

[返回上页](#)