

# 中厚板轧机无限冷硬工作辊的生产

李 帅<sup>1</sup>

**摘要:** 介绍中厚板轧机离心复合铸铁工作辊的生产实践过程和控制要点。

**关键词:** 工作辊; 球墨铸铁; 冶炼; 浇铸

**中图分类号:** TG333.17 **文献标识码:** B **文章编号:** 1673-3355 (2011) 01-0009-03

## Production of Infinite Chill Work Roll Used in the Plate Mill Li Shuai

**Abstract:** The production practical procedure and control points of centrifugal compound cast iron work roll in the plate mill are described in this article.

**Key words:** work roll; spheroidal graphite cast iron; smelting; casting

中厚板轧机铸铁工作辊在生产时存在一定的技术难度。其外层材质为高 NiCrMo, 重量 6 500 kg。由于离心铸造时铁水液体层状流动明显, 导致基本组织不够均匀; 芯部是 24 500 kg 的球墨铸铁, 由于断面大, 凝固时间长, 极易产生石墨漂浮、球化不良、石墨畸变以及球化衰退等缺陷。为保证工作辊的生产顺利进行, 需要制定有效的工艺措施。

## 1 技术条件及性能要求

该工作辊毛重 31 000 kg, 辊身硬度要求 68~75HS, 均匀性  $\leq 3\text{HSD}$ ; 辊颈硬度要求 35~45HS, 工作层厚度  $\geq 35\text{mm}$ ; 辊颈抗拉强度  $\sigma_b \geq 400\text{N/mm}^2$ 。

## 2 主要难点

(1) 外层硬度均匀性要求高: 辊身长 3 000 mm, 直径  $\varnothing 950\text{mm}$  要求硬度均匀性  $\leq 3\text{HSD}$ , 辊身大、要求范围窄、控制困难;

(2) 芯部铁水量大、硬度要求高。在生产大断面球磨铸铁件时, 由于凝固速度缓慢易产生石墨畸变、球化不良、石墨漂浮等铸造缺陷。

## 3 工艺参数确定

### 3.1 外层化学成分确定

由于中厚板工作辊要求必须具有较高的抗热裂和抗剥落及较高的抗冲击性能, 所以其外层材料的化学成分应配合使辊身硬度能达到上限标准 (见表 1)。

表 1 外层化学成分 (%)

| 元素 | C         | Si        | Mn        | P           | S      |
|----|-----------|-----------|-----------|-------------|--------|
| 含量 | 3.20~3.40 | 0.6~1.05  | 0.6~0.90  | <0.10       | <0.020 |
| 元素 | Ni        | Cr        | Mo        | Al          |        |
| 含量 | 3.40~0.35 | 1.30~1.75 | 0.20~0.35 | 0.004~0.006 |        |

### 3.2 芯部化学成分确定

为满足工作辊的刚度要求, 辊芯选择具有高强韧性的球磨铸铁。由于断面厚度过大, 为了尽可能避免在离心浇铸过程中形成碎块状石墨和石墨漂浮, 应采用亚共晶碳当量, 而且为了保证辊颈的硬度要求, 应适当加入合金元素 (见表 2)。

### 3.3 浇铸温度的确定

根据多年的生产经验, 该工作辊外层理想浇铸



1. 一重集团轧辊电站事业部重铸分厂助理工程师, 黑龙江 富拉尔基 161042

表2 芯部化学成分 (%)

| 元素 | C         | Si        | Mn        | P         | S      |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 含量 | 3.20~3.40 | 1.80~2.60 | <0.40     | <0.06     | <0.015 |
| 元素 | Ni        | Cr        | Mo        | Re        |        |
| 含量 | 0.15~0.95 | 0.10~0.50 | 0.10~0.35 | 0.01~0.03 |        |

温度应是固相线 $\pm 120$ ℃。该材质的固相线通过铁水液相仪测定。工作辊外层浇铸温度的经验值为1 300~1 360℃, 而外层铁水从出炉到浇铸这段时间间隔内, 温度损失约为80℃, 所以我们确定外层出炉温度在1 380~1 440℃之间。同理, 芯部浇铸温度确定为1 300~1 340℃, 而芯部出炉温度为1 380~1 420℃之间。

### 3.4 离心机的选用及冲芯时间间隔的确定

离心机使用液压离心机, 该离心机为液压马达传动, 震动小、运行平稳, 离心转数为: 1 190~1 200 rpm, 重力系数  $G$  取 90~120。冲芯时间间隔是指从离心机停稳至冲芯开始之间的时间段。在该时间段内, 外层表面温度处在共晶转变平台温度以下, 冷却速度以每分钟 20~30℃下降, 为了确保结合层的质量和冲芯温度, 应尽量缩短冲芯间隔时间, 我们对冲芯间隔时间要求控制在 10 min 以内, 而且模具与辊颈组装完成后的冲芯温度必须符合工艺要求, 所以在实际工作中要求各工序必须做好协调配合。

## 4 铁水的熔炼与处理

### 4.1 冶炼准备

#### (1) 原材料成分确认

生铁、废钢、Ni、Cr、Mo 铁合金等在使用前应核对材质单, 并对来料进行成分复检, 合格后方可使用。生铁按批次检验 Cr、Ti、W、Zr、Sb、As、V、Pb、Sn 成分含量 (见表 3)。

表3 生铁成分含量 (%)

| 元素 | Cr           | Ti           | W            | Zr           | Sb           |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 含量 | $\leq 0.01$  | $\leq 0.005$ | $\leq 0.01$  | $\leq 0.005$ | $\leq 0.001$ |
| 元素 | As           | V            | Pb           | Sn           |              |
| 含量 | $\leq 0.005$ | $\leq 0.01$  | $\leq 0.002$ | $\leq 0.002$ |              |

#### (2) 原材料防潮与清理

①在厂房内存放的生铁、废钢要防止厂房漏雨等原因造成潮料;

②所有生铁、废钢、Ni、Cr、Mo 铁合金等要

防止潮料入炉, 入炉前要通过烘烤去除潮气;

③保证入炉材料的干净, 防止泥土、垃圾、松散附着的铁锈入炉。采取振动落砂等方法在入炉之前将炉料清理干净。

#### (3) 原材料计量

①所用计量器均为校准并在检定期之内;

②Mi、Cr、Mo、Sb 等要求进行两次称重;

③在炉台上待入炉的合金必须在合金桶内存放, 不允许散放在炉台上;

④生铁、废钢等在厂房内存放的材料应采用电子秤计量, 电子秤应去皮归零。

#### (4) 炉体、铁水包洁净要求及准备

①检查待用电炉炉体、铁水包的洁净情况, 打掉浮渣。如果采取上述办法会损坏炉衬则需要用铁水进行高温洗炉洗包;

②铁水包要保持干燥, 必须修好浇包和包嘴;

③芯部铁水包应沿包梁方向砌坝, 其高度以刚好能容纳预置合金为准。

#### (5) 配料

①应在冶炼之前 24 h 配料, 配好后交给电炉班做开炉前的准备;

②外层和芯部铁水分别使用电炉冶炼。根据原材料进厂材质单、检验分析结果进行配料。采用生铁启炉, 根据配料情况可使用增碳剂增碳。

### 4.2 外层铁水的熔炼及处理

依据设备情况, 采用中频电炉熔炼外层铁水, 采用 2 台中频电炉熔炼芯部铁水。外层的金属原料选用优质低硅炼钢生铁和优质低碳废钢。外层配料成分按 C3.4%~3.75%、Si $\leq$ 0.8%、Mn $\leq$ 0.9%、P<0.1%、S<0.025%加料; 熔清后升温: 在 1 450℃时取样进行光谱分析, 如果发现 S $\geq$ 0.02%则需对铁水进行脱硫处理, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 加入量为 1.00%, 脱硫温度 1 400~1 480℃。所用脱硫包不允许再做其他用途。脱硫后扒渣时应防止碱性渣进入炉内。脱硫后提温至 1 450℃加入合金 Ni、Cr、Mo, 微调至成分合格。

外层铁水出炉时应在铁水包底加入纯 Al 以去除氧气, 并根据铁水总重量百分比加入孕育剂, 以达到细化基体组织, 提高机械性能的目的。

### 4.3 芯部铁水的球化孕育处理

在芯部原材料选择上, 如铁水中含硫量 $\geq$ 0.015%时, 则必须进行脱硫处理, 由于工作辊芯

部重量较大,且材质为球墨铸铁,所以极易产生石墨漂浮、球化衰退、球化不良等缺陷。为此应采取如下工艺措施:

- (1) 包底加入 ReMg3-7 (T-1 型) 球化剂,按重量 1.8%~2.0% 加入;
- (2) 在铁水球化过程中加入 0.5% 的 75%SiFe 及 0.017%Sb;
- (3) 随流孕育剂按总重量 0.15% 加入,以便加强二次孕育效果,提高球化率以及球化级别;
- (4) 为提高辊颈的韧性和强度,应在芯部铁水中加入 0.3%Cr, 0.8%Ni 以及 0.3%Mo。

## 5 造型准备工作

### 5.1 端盖造型

在端盖造型之前,采用旋转铁模和铁刷配合清理铁模内孔中的残余涂料以及铁锈,使见到光泽。模型必须在铁模内安置、固定并找正。将端盖砂填充、撞实,修平直到铁模端盖下平面。装上端盖,保证对中,均匀拧紧紧固螺钉。继续撞实到分型面,刮平,抽出端盖模型。修理端盖砂型,应特别注意修平模型连接处与铁模接触内角的浮沙。

端盖砂型如果产生裂纹,应在 120~180℃ 条件下进行修补,根据裂纹大小采用涂料原浆或配置好的涂料修补。

### 5.2 外层浇注系统

造型前挑选内表面光洁、止口完整的耐火砖管,注意检查耐火砖管接缝使连接紧密。使用之前砖管应该进窑干燥。用耐火砖管组接的浇注系统要求平直。耐火砖管四周用树脂砂填充,采用泡沫陶瓷过滤网,四周缝隙处用硬泥塞实,待干燥后再使用。

### 5.3 辊身模具挂涂及喷涂参数

#### (1) 内表面检查及处理

在喷涂期间要求喷枪在端盖外折返运动。喷涂之前应测定并记录铁模每一端和中部沿圆周四点温度。喷涂之后检查端盖型砂,如果发现裂纹,需立即修补;

#### (2) 喷涂参数

- ①冷模预热温度和时间: 350~480℃, 5h 以上;
- ②冷模喷涂温度: 150~250℃, 当天挂涂料当天浇铸;
- ③涂料层厚度: 1.6~2.2 mm。检查四条母线,

每条母线检查两点,取平均值;

- ④厚度均匀性  $\leq 0.05$  mm;
- ⑤喷涂转速: 600~700 rpm;
- ⑥喷头直线运动速度: 100~130 mm/s。

### 5.4 合箱

砂型出窑后,吹净浮砂,检查是否有碰坏或裂纹等情况,修补后用煤气烘干。应注意保证冲芯管对中,新模具组装后应检测各配合尺寸,尤其是造型后应检测冲芯管外壁与上辊颈箱砂型内壁距离以及冲芯管内部通孔垂直度,内径定位销应向内侧安装,模具吊装时应避免撞击,以防止错箱。

下辊颈箱在地坑内定位时,用水平尺超平定位板,保证下辊颈水平并且牢固,浇铸前应将上部表面盖严防止异物进入。

## 6 检测项目

- (1) 化学成分 检查炉后试样外层、芯部的化学成分;
- (2) 尺寸检查 检查毛坯尺寸;
- (3) 目视检查 检查是否有表面裂纹、粘砂等表面缺陷、是否错箱;
- (4) 硬度检查 检查轧辊辊身、辊颈硬度。检验部位取一条母线,辊身取三点,上下辊颈各取一点。每点测硬度 5 次,取算术平均值;
- (5) 检查 Cr 和 Mo 的含量 取样位置在上下辊颈各距辊身端部 100 mm 处,取样深度小于 10 mm;
- (6) 机械性能 检测芯部炉后单铸试样  $\sigma_b$ 、 $\sigma_w$ 、 $\delta$  等;
- (7) 探伤 在辊身磨出一条母线,径向检查外层厚度、外层质量、结合层质量;采用环带测厚法检测外层厚度,在距辊身两端 60 mm 处等距磨三条 100 mm 宽的环带,沿每条环带圆周等距检测外层厚度 12 点,共检测 36 点。

## 7 结 语

通过合理的工艺、严格的控制、选择优质的生铁原料,我们已经成功制造出 8 只中厚板轧机工作辊,其化学成分、机械性能指标全部符合工艺要求。为今后专业化生产中厚板铸铁轧辊奠定了基础,积累了经验。

收稿日期: 2011-01-11