

文章编号: 1001—5108(2011)06—0068—06

铸铁机专用大容量铁水包倾翻卷扬机设备介绍

王国其

(北京首钢国际工程技术有限公司,北京 100043)

【摘要】 针对首钢京唐钢铁厂采用“一包到底”的铁水运输方式,结合铸铁机工艺设计及生产实践,对铸铁机工艺布置及300t铁水包(罐)铁水倾翻方式等问题进行了探讨。并首次采用专用大容量铁水包倾翻卷扬机设备。为满足铸铁机的生产能力,对铁水包倾翻速度参数要求进行详细计算与分析。对在实际生产过程中出现的问题,提出改进建议。

【关键词】 铸铁机 铁水包(罐) 设计 倾翻

【中图分类号】 TF321 **【文献标识码】** B

INTRODUCTION TO HOISTING DEVICE FOR SPECIAL AND LARGE-CAPACITY HOT METAL LADLE OF PIG CASTING MACHINE

Wang Guoqi

(Beijing Shougang International Engineering Technology Co., Beijing 100043, China)

[Abstract] In connection with “A ladle from BF to BOF” hot metal transfer mode applied in Shougang Jingtang Iron & Steel Complex, and in combination with the pig casting machine process design and production practice, the issues on process arrangement of the pig casting machine and 300t hot metal ladle (pot) tilting mode, and so on are discussed. And the tilting and hoisting device for special large-capacity hot metal ladle is firstly applied. Parameter requirement on hot metal ladle tilting speed is calculated and analysed in detail in order to meet the production capacity of the pig casting machine. Improvement suggestions are put forward to the issues occurred in actual production process.

[Key words] pig casting machine, hot metal ladle (pot), design, tilting

1 前言

随着高炉生产容积的日益大型化,大型钢铁企业出现了采用“一包到底”的铁水运输模式,该技术是一种具备铁水承接、运输、缓冲储存、铁水预处理、转炉兑铁、铁水保温等功能的包(罐),将高炉生产出来的铁水,在经过必要的工艺流程处理后,以不更

换铁水包(罐)的生产组织模式,直接兑入转炉内。首钢京唐钢铁厂5500 m³高炉生产的铁水运输首次采用了“一包到底”的铁水运输模式,即采用300 t铁水包车运输铁水。

在钢铁联合企业里,铸铁机是高炉生产工艺的辅助设备,在炼铁、炼钢生产出现不平衡的情况下,将高炉生产的多余铁水铸成生铁块。在首钢京唐钢

收稿日期:2011-09-20

作者简介:王国其,男,工程师,主要从事冶金工程设计。

铁厂炼铁辅助设施铸铁机车间工艺设计中,没有采用传统的、价格昂贵的铸造桥式起重机,而是采用一种新型的专用铁水包倾翻卷扬机设备进行铁水倾翻浇铸,不仅满足铸铁机的生产工艺要求,而且大幅度降低了工程投资。经过近两年的生产实践证明,取得了预期效果。

2 工艺流程与平面布置

2.1 工艺流程

5500 m³ 高炉生产的铁水由 300 t 铁水包车经铁路运至铸铁机车间的主厂房内,对好包位后,采用 480/80 t 铁水包倾翻卷扬机进行倾翻作业,铁水经铁水流槽流入铸铁机两排铸铁模内,铸铁模内铁水随着链带的运行而逐渐冷却,直至链带终端,凝固的铁块经铁块溜槽直接落地。经喷水冷却后由轮式装载机铲运至贮存场存放。为使铸铁块在脱模前凝固冷却下来,在链带中后部设有喷水冷却装置。当传动链带返回时在铸铁机下部设有喷浆装置,采用泥浆泵将灰浆喷洒在铸铁模上。

2.2 平面布置

铸铁机车间内布置 2 台 61 m 双链带滚轮固定式铸铁机,铁水运输采用 300 t 铁水包车,车辆总长度为 25.038 m。为提高每台铸铁机的实际生产能力,车间区域内设置两条铁路线,一条为浇铸线,另一条为走行线。为便于对罐及调车,两台铸铁机之间的中心距按 27 m 设计。铸铁机车间 300 t 铁水包倾翻浇铸工艺布置见图 1。

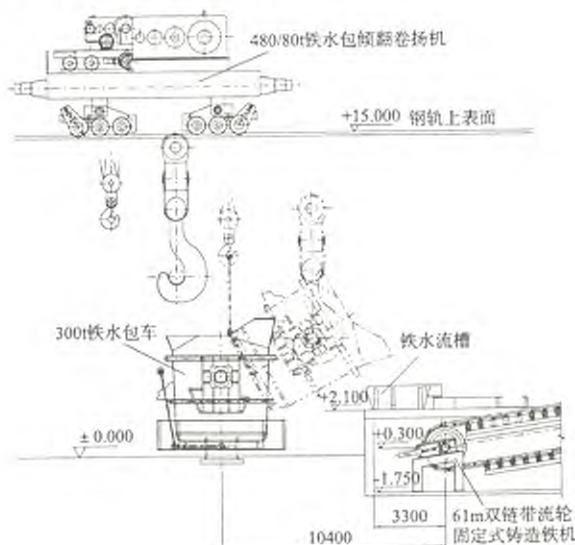


图1 300 t 铁水包倾翻浇铸工艺布置图

3 铸铁机主要技术参数

铸铁机型式为双链带滚轮固定式铸铁机,其主要技术参数如下:

链轮中心距:61 m;

最大生产能力:220 t/h;

链带速度:3 ~ 15 m/min;

单模铸铁块重量:16 kg×3;

链带倾斜角度:8°30';

传动电机功率:75 kW×2。

4 铁水包倾翻型式的确定

铸铁机生产要求是使铁水包中的铁水平稳而缓慢的流出,选择合适的铁水包倾翻方式是铸铁机车间工艺设计的重要内容,不同型式的铁水运输设备,所采用的铁水浇铸设备型式也不同。目前常见的铁水包倾翻方式有三种,即倾翻卷扬机(配套前方支柱)方式、桥式起重机倾翻方式和鱼雷罐自带倾翻机构方式。

在设计过程中选择哪种倾翻方式,首先要根据铁水包的结构特点作出初步判断;其次要考虑铁水包的运输形式和铸铁机设备的布置方式;最后结合设备的可靠性、投资高低等因素来最终确定。

首钢京唐钢铁厂采用的铁水包额定容量为 300 t,与传统小容量铁水包外形结构相比,主要区别在于铁水包底部为平底,吊耳轴两侧无支爪,故不能利用普通倾翻卷扬机直接在车架上进行铁水倾翻,只能使用铸造起重机或其它专用倾翻设备进行铁水倾翻作业。300 t 铁水包外形结构见图 2。

由于 300 t 铁水包结构设计特点,不具备直接在车架上使用普通倾翻卷扬机配合前方支柱的倾翻方式进行铁水浇铸。按照常规方法,只能使用 480/80 t 铸造起重机吊运并进行铁水倾翻浇铸作业。鉴于铸铁机是生产辅助设备,不作为长期运行的设施,因此铸铁机设备使用率很低。考虑到 480/80 t 铸造起重设备价格昂贵,从节约投资的因素考虑,不宜采用铸造起重设备,因此,本工程采用一种新型专用卷扬机设备,下面就这种新型专用卷扬机设备作简要介绍。

5 铁水包倾翻卷扬机设备

480/80 t 铁水包倾翻卷扬机设备总体结构为子母车型式,主要由主小车架、主小车运行机构、子小

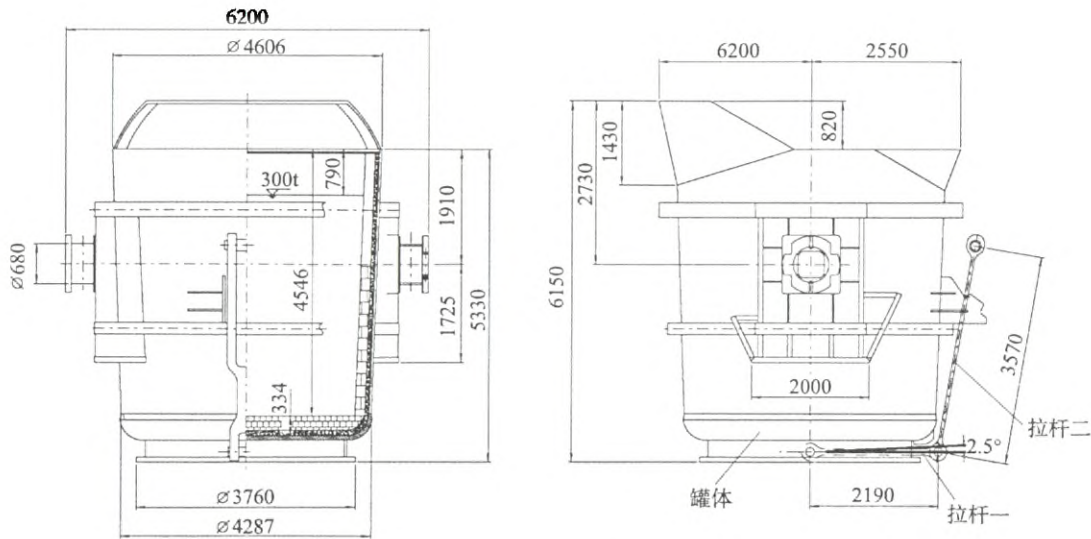


图 2 300 t 铁水包

车、主起升机构、副起升机构及电控系统等组成。 装配图见图 3。
480/80 t 铁水包倾翻卷扬机主要技术参数见表 1，总

表 1 480/80 t 铁水包倾翻卷扬机主要技术参数						
性能	起重量	起升高度	速度	电机功率	工作	调速
机构	t	m	m/min	kW	级别	方式
主起升机构	480	8	2	200 × 2	M4	串电阻
副起升机构	80	15	0.02 - 0.8	30	M4	变频器
主小车运行机构	-	-	15	15 × 4	M4	串电阻
子小车运行机构	-	-	1.05	0.75 × 2	M4	变频器

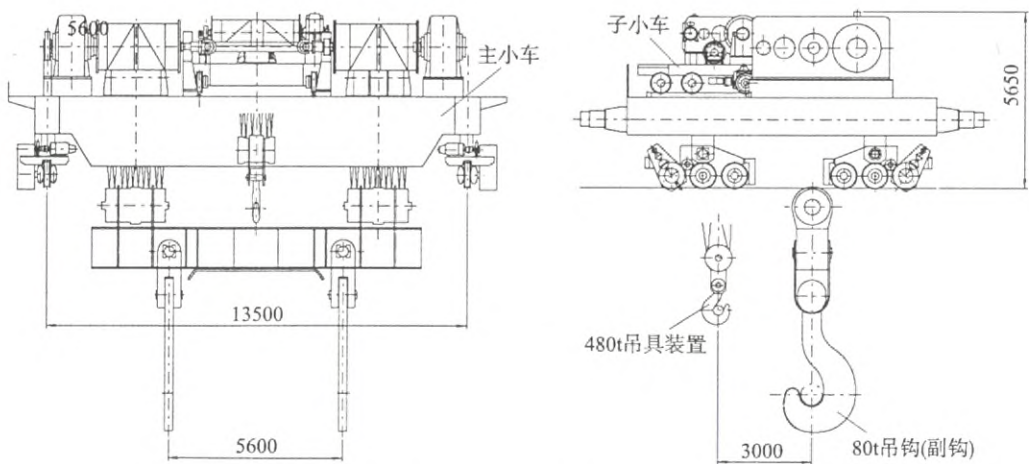


图 3 480/80 t 铁水包倾翻卷扬机

主小车由主起升机构、主小车运行机构及车架组成。主起升机构由 2 台电动机分别驱动 2 个硬齿面减速器的高速轴，减速器的高速轴两端装有制动器，减速器的低速轴与一对双联卷筒连接，双联卷筒之间采用万向联轴器连接。这种联轴器有较大的角向补偿能力，能可靠传递扭矩和运动，联接方式安全

可靠，安装检修方便。
主小车运行机构采用四角独立驱动。其传动型式是：电机通过鼓形齿式联轴器驱动中硬齿面圆柱齿轮减速器，减速器的高速轴上装有制动器，减速器的低速轴与车轮轴联接在一起。车轮平衡架与平衡臂相连的平衡铰采用水平剖分、半圆卡套式，更换平

衡架时只需将桥架微微顶起即可拆开取下。车轮与平衡架之间采用45°斜剖分连接,安装、维护尤为方便,易更换。

副起升机构由电机驱动硬齿面减速器的高速轴,减速器的高速轴两端装有制动器,减速器的低速轴带动卷筒。

子小车运行由两个三合一减速机分别驱动两个车轮,在主小车车架上铺设的两根轨道上移动。

本专用卷扬机与炼钢车间的480/80 t铸造起重机相比较,作了较大改进:取消了铸造起重机的4根大梁,因为只需主小车的短距离直线运动,不需要横向移动,因此,设备重量大大减轻,厂房结构简化。仅工艺设备一项就节约工程投资约5000万元。

6 副钩提升速度的确定

在铸铁机车间进行铁水浇铸生产过程中,卷扬机副钩的工况要求是:在进行铁水浇铸时,卷扬机副钩的提升速度与铸铁机的最大生产能力相匹配,即每分钟从铁水包中倒出的铁水量不允许超过3.83 t。当一包铁水浇铸完毕后,为提高铸铁机的作业率,需要快速将铁水包复位。因此卷扬机副钩的升降速度要求可调。

若要确定副钩的提升速度,可按平均速度的概念进行计算。假设倾翻过程中从铁水包中流出的铁水是均匀的,那么吊钩的平均速度可由下式求得:

$$V_{\varphi} = \frac{HQ_i}{60W_i}$$

式中 V_{φ} ——铁水稳定流量倾翻吊钩的提升速度, m/min;

H ——从开始倾翻铁水包至全部铁水倒尽时吊钩提升的高度, m;

Q ——双链带铸铁机小时产量, 220 t/h;

W_i ——铁水包容量, 300 t。

设倾翻90°时铁水包内铁水可全部倒尽,由图解法可知卷扬机副钩的提升高度 $H=5.344$ m,吊钩的平均速度:

$$V_{\varphi} = \frac{HQ_i}{60W_i} = \frac{5.344 \times 22}{60 \times 300} = 0.065 \text{ m/min}$$

实际上在倾翻过程中铁水的倾出是不均匀的,故采用分阶段渐近法来求得满足均匀倾注条件所需吊钩提升速度。

确定卷扬机副钩的阶段平均速度可由图解法求得。卷扬机副钩位置示意图见图4。

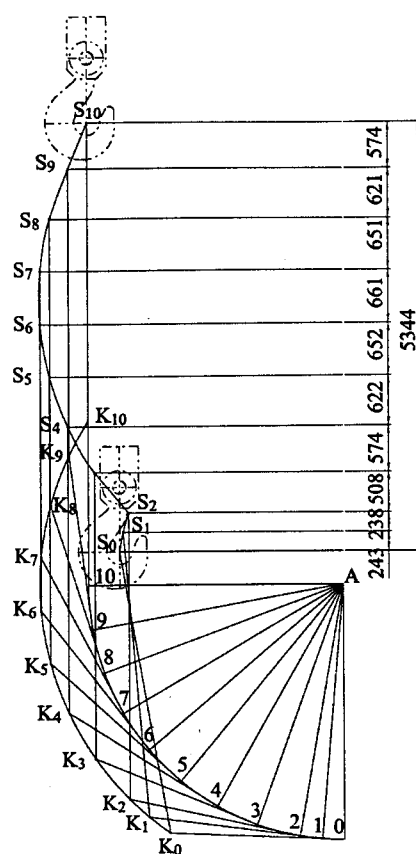


图4 卷扬机副钩位置示意图

图3中曲线0—9为拉杆一与包体固定端的轨迹是以半径为3195 mm的四分之一圆周。曲线 $K_0—K_{10}$ 为拉杆一与拉杆二连接的销轴中心的轨迹是以半径为3794 mm的四分之一圆周。曲线 $S_0—S_{10}$ 为拉杆二耳轴(即卷扬机副钩中心)的轨迹图。A点为300 t铁水包的旋转中心。线段 OK_0 为拉杆一两端耳轴的中心距, $OK_0=2190$ mm; 线段 $K_0 S_0$ 为拉杆二两端耳轴的中心距, $K_0 S_0=3570$ mm。

按照铁水包倾翻10°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、80°、90°依次计算出倾出铁水的重量。

铁水包内衬尺寸见图5,装满300 t铁水时,铁水液面距离大流嘴口底部的高度为180 mm,铁水密度为6.8 t/m³,则铁水容积44.118 m³。铁水包的有效总容积:

$$V = \frac{\pi}{3} \times h \times (R^2 + Rr + r^2) = \frac{3.141}{3} \times 3.936 \times (2.008^2 + 2.008 \times 1.869 + 1.869^2) = 46.479 \text{ m}^3$$

则铁水包的剩余容积2.361 m³。当铁水罐倾翻5°时,铁水开始从包内流出。

下面以30°倾角为例,计算倾出铁水重量。自

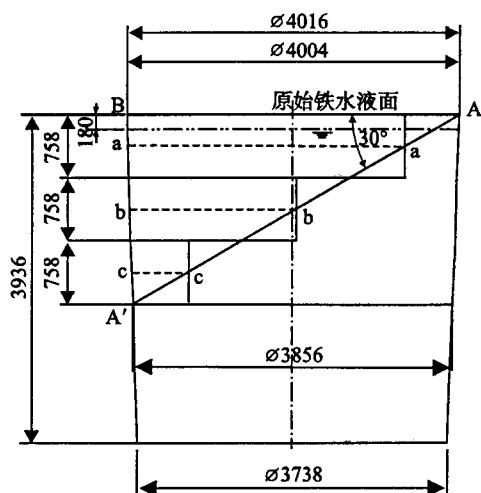


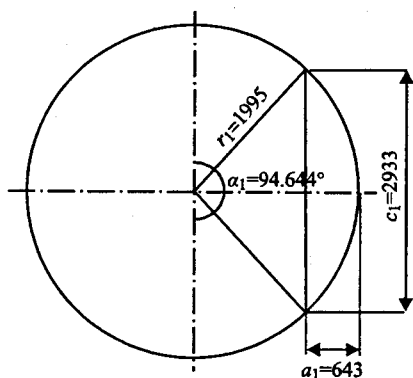
图 5 铁水包内衬尺寸

包口最低处作液面线 $A-A'$, 使 $\angle AA'B = 30^\circ$, 将 $A'B$ 高沿水平方向分成六等分, $AA'B$ 所包括之容积中的铁水可用体积 V_1 、 V_2 、 V_3 三部分组成。

体积 V_1 可近似用 $a-a$ 平均截面积乘以厚度来表示; 体积 V_2 可近似用 $b-b$ 平均截面积乘以厚度来表示; 体积 V_3 可近似用 $c-c$ 平均截面积乘以厚度来表示。这样如果分层分得越细, 则计算的结果也越接近实际情况。

1) 第 1 层的计算

作截面 $a-a$, 截面图见图 6。

图 6 截面 $a-a$

由图 6 可按比例量得:

半径 $r_1 = 1.995$ m, 弓形高度 $a_1 = 0.643$ m

第 1 层体积厚度 $h = \frac{1}{3} \times AB = 0.758$ m

弓形弦长:

$$\begin{aligned} c_1 &= 2 \sqrt{a_1(2r_1 - a_1)} \\ &= 2 \sqrt{0.643 \times (2 \times 1.995 - 0.643)} \\ &= 2.933 \text{ m} \end{aligned}$$

弓形弧长: $L_1 = 0.017453 r_1 \alpha_1$

$$\text{式中: } \cos \frac{\alpha_1}{2} = \frac{r_1 - a_1}{r_1} = \frac{1.995 - 0.643}{1.995} = 0.6777$$

$$\frac{\alpha_1}{2} = 47^\circ 19' \quad \alpha_1 = 94^\circ 39' = 94.644^\circ$$

$$L_1 = 0.017453 \times 1.995 \times 94.644 = 3.295 \text{ m}$$

弓形面积:

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{1}{2} [r_1 \times L_1 - c_1(r_1 - a_1)] = \frac{1}{2} [1.995 \times \\ &3.29 - 2.933(1.995 - 0.643)] \\ &= 1.3034 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

弓形体积:

$$V_{\text{弓}} = S_1 \times h = 1.3034 \times 0.758 = 0.9880 \text{ m}^3$$

第 1 层近似圆柱体体积:

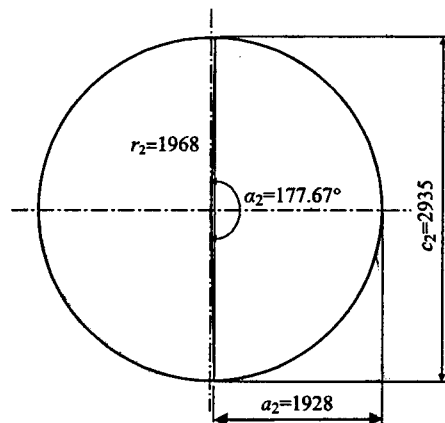
$$\begin{aligned} V_{\text{圆柱}} &= r_1^2 \pi \times h = 1.995^2 \times 3.14159 \times 0.758 = \\ &9.4777 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

未盛铁水部分的弓形体体积:

$$V_1 = 9.4777 - 0.9880 = 8.4897 \text{ m}^3$$

2) 第 2 层的计算

作截面 $b-b$, 截面图见图 7。

图 7 截面 $b-b$

由图 7 可按比例量得:

半径 $r_2 = 1.968$ m, 弓形高度 $a_2 = 1.928$ m

第 2 层体积厚度 $h = \frac{1}{3} \times AB = 0.758$ m

弓形弦长:

$$\begin{aligned} c_1 &= 2 \sqrt{a_2(2r_2 - a_2)} \\ &= 2 \sqrt{1.928 \times (2 \times 1.968 - 1.928)} \\ &= 3.935 \text{ m} \end{aligned}$$

弓形弧长: $L_2 = 0.017453 r_2 \alpha_2$

$$\text{式中: } \cos \frac{\alpha_2}{2} = \frac{r_2 - a_2}{r_2} = \frac{1.968 - 1.928}{1.968} = 0.0203$$

$$\frac{\alpha_2}{2} = 88^\circ 50' \quad \alpha_2 = 177^\circ 40' = 177.67^\circ$$

$$L_2 = 0.017453 \times 1.968 \times 177.67 = 6.103 \text{ m}$$

弓形面积:

$$S_2 = \frac{1}{2} [r_2 \times L_2 - c_2 (r_2 - a_2)] = \frac{1}{2} [1.968 \times 6.103 - 3.935 (1.968 - 1.928)] = 5.9266 \text{ m}^2$$

弓形体积:

$$V_{\text{弓}} = S_2 \times h = 5.9266 \times 0.758 = 4.492 \text{ m}^3$$

第2层圆柱体体积:

$$V_{\text{圆柱}} = r_2^2 \pi \times h = 1.968^2 \times 3.14159 \times 0.758 = 9.2229 \text{ m}^3$$

未盛铁水部分的弓形体体积:

$$V_2 = 9.2229 - 4.492 = 4.7309 \text{ m}^3$$

3) 第3层的计算

作截面 c-c, 截面图见图 8。

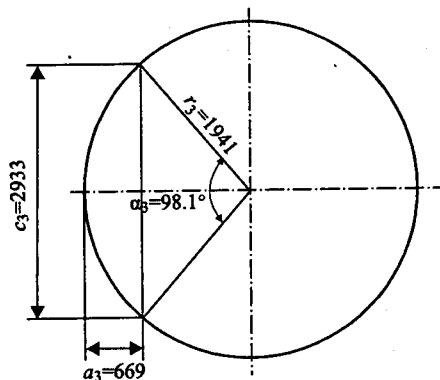


图8 截面 c-c

由图 8 可按比例量得:

半径 $r_3 = 1.941 \text{ m}$, 弓形高度 $a_3 = 0.669 \text{ m}$

第3层体积厚度 $h = \frac{1}{3} \times AB = 0.758 \text{ m}$

弓形弦长:

$$c_3 = 2 \sqrt{a_3 (2r_3 - a_3)} = 2 \sqrt{0.669 \times (2 \times 1.941 - 0.669)} = 2.933 \text{ m}$$

弓形弦长: $L_3 = 0.017453 r_3 \alpha_3$

$$\text{式中: } \cos \frac{\alpha_3}{2} = \frac{r_3 - a_3}{r_3} = \frac{1.941 - 0.669}{1.941} = 0.6553$$

$$\frac{\alpha_3}{2} = 49^\circ 3' \quad \alpha_3 = 98^\circ 6' = 98.1^\circ$$

$$L_2 = 0.017453 \times 1.941 \times 98.1 = 3.323 \text{ m}$$

弓形面积:

$$S_3 = \frac{1}{2} [r_3 \times L_3 - c_3 (r_3 - a_3)] = \frac{1}{2} [1.941 \times 3.323 - 2.933 (1.941 - 0.669)] = 1.3596 \text{ m}^2$$

弓形体积:

$$V_3 = S_3 \times h = 1.3596 \times 0.758 = 1.0305 \text{ m}^3$$

由上述计算可知, 未盛铁水部分的体积 V_{30° 为 V_1 、 V_2 、 V_3 之和, 即:

$$V_{30^\circ} = V_1 + V_2 + V_3 = 8.4897 + 4.7309 + 1.0305 = 14.2511 \text{ m}^3$$

$$\text{倾出铁水的体积: } V_{30^\circ \text{铁}} = V_{30^\circ} - 2.361 = 14.2511 - 2.361 = 11.8901 \text{ m}^3$$

$$\text{倾出铁水的重量: } W_{30^\circ \text{铁}} = 11.8901 \text{ m}^3 \times 6.8 \text{ t/m}^3 = 80.852 \text{ t}$$

按照同样的方法, 依次将不同倾角时所倾出的铁水重量求出, 并最终求出不同倾角时吊钩提升的阶段平均速度值, 卷扬机副钩提升的阶段平均速度值见表 2。

表 2

卷扬机副钩提升的阶段平均速度值

位置变化	每次倾翻角度	累计倾翻角度	倾出铁水量 t	累计出铁量 t	吊钩提升高度 m	平均速度 m/min
$S_0 \rightarrow S_1$	5°	5°	0	0	0.243	
$S_1 \rightarrow S_2$	5°	10°	15.162	15.162	0.238	0.060
$S_2 \rightarrow S_3$	10°	20°	31.371	46.533	0.508	0.062
$S_3 \rightarrow S_4$	10°	30°	34.319	80.852	0.574	0.064
$S_4 \rightarrow S_5$	10°	40°	42.92	123.772	0.622	0.057
$S_5 \rightarrow S_6$	10°	50°	53.215	176.987	0.652	0.047
$S_6 \rightarrow S_7$	10°	60°	48.968	225.955	0.661	0.052
$S_7 \rightarrow S_8$	10°	70°	46.221	272.176	0.651	0.054
$S_8 \rightarrow S_9$	10°	80°	20.142	292.318	0.621	0.118
$S_9 \rightarrow S_{10}$	10°	90°	8.389	300.707	0.574	0.263

由表 2 可知, 铸铁机在倾翻浇铸过程中, 为满足理想的均匀倾翻铁水的要求, 充分发挥铸铁机设备

的生产能力, 必须要求卷扬机副钩的提升速度是可
(下转第 67 页)

转换。炼钢内控牌号为 PD34B01\PD34B02,表示结构钢系列的钢板产品,屈服强度最小值为 345 MPa,质量等级为 B 级,需进行 20℃ 冲击试验,40 mm 厚度以下末位用 1 表示,40 mm 厚度以上末位用 2 表示(因为轧制 40 mm 以下规格和 40 mm 以上规格的钢板采用不同的成分设计)。对应的轧钢内控牌号为 PD34B011\PD34B012,以示区分不同厚度规格的该系列产品,具有不同的性能检验项目或试验条件。

4 内控牌号的使用

4300 新厚板产线采用炼钢、轧钢统一使用内控牌号的方式组织生产,正常情况下,在产品生产结束、开产品质量保证书时对内控牌号予以还原成交货牌号并发货。

根据内控牌号的编制规则,以 4300 产线生产国标 GB/T 1591 - 2008《低合金高强度结构钢》Q345 系列牌号为例说明。结合标准的成分、性能要求等对该系列产品进行的内控牌号设计如表 5 所示。

表 5 内控牌号设计

炼钢 内控牌号	4300 轧钢 内控牌号	交货牌号	厚度规格 (mm)
PD34B01	PD34B011	Q345B	[6 - 40]
	PD34B012	Q345C、Q345D	
PD34B02	PD34B021	Q345B、Q345C、Q345D	(40 - 63]
PD34C01	PD34C011	Q345B、Q345C、Q345D	(63 - 80]
PD34E21	PD34E211	Q345E	[6 - 16]
	PD34E212		(16 - 40]

通过上表可以看出,按照 PD34B02 冶炼的钢坯,可能被轧成 Q345B 或 Q345C 或 Q345D 交货,即当订单为 Q345B 或 Q345C 或 Q345D 产品时,涉及的订单才可以合炉冶炼;第五位用 B 和 C 加以区分,表示不同的产品冲击要求,包括冲击温度和特性值等,因 B\C\D 级成分设计相近,故炼钢内控牌号设计也相近或通用;第六位用数字 0 和 2 区分表示

(上接第 73 页)

调的。按照不同倾翻角度的吊钩提升阶段平均速度,来确定吊钩的工作提升速度和制定自动化倾翻操作规程。

7 结语

该设备于 2009 年 5 月正式投产运行,从两年的运行情况来看,设备运行情况良好。但还存在着问题,卷扬机设备副钩起升速度参数的确定出现偏差,

有不同的性能要求;第七位用 1 和 2 区分轧制不同厚度规格产品所区分的内控牌号;第八位通用 1 表示相同的轧制工艺要求。冶炼时使用炼钢内控牌号,轧钢时使用轧钢内控牌号,并根据轧钢内控牌号所涵盖的性能检验项目进行检验,并在最终生产结束后还原成交货牌号,产品质量保证书按交货牌号及实际检验项目等出具。

新旧不同内控牌号编码体制下该系列产品牌号对比如表 6 所示。

表 6 产品版号对比

牌号分类	旧规则下牌号	新规则下牌号
炼钢内控牌号	Q345B1、Q345B2	PD34B01 PD34B02 PD34C01 PD34E21
	Q345B3、Q345C1	
	Q345C2、Q345C3	
	Q345D1、Q345D2	
	Q345D3、Q345E1	
	Q345E2、Q345E3	
轧钢内控牌号	Q345B11、Q345B21	PD34B011 PD34B012 PD34B021 PD34C011 PD34E211 PD34E212
	Q345C11、Q345C21	
	Q345D11、Q345D21	
	Q345E11、Q345E21	

可见在新的内控牌号体系下,会大量减少内控牌号的个数,便于小订单、多规格产品的生产组炉和减少余材的产生。

5 结语

4300 新厚板产线全新内控牌号标准体系的建立,在济钢是一次重大的尝试和变革。实现了炼钢—轧钢按统一内控牌号组织生产的操作模式,有效减少了内控牌号数量,利于排产组炉和生产组织的协调,利于减少炼钢钢坯接头,缩短产品交货周期,减少余材、降低改判率等等,极大的促进了该产线产能优势、设备优势、产品优势的发挥。

副钩起升速度范围偏小,影响铁水包回转速度,降低了铸铁机的作业率。从实际运行情况看,宜将副钩起升速度参数确定为 0.04 ~ 1.6 m/min。

参考文献

1. 章天华,鲁世英. 现代钢铁工业技术 - 炼铁[M]. 北京:冶金工业出版社,1986.
2. 北京首钢国际工程技术有限公司编. 冶金工程设计理念的创新与实践[M]. 北京:冶金工业出版社,201.
3. 炼铁设计参考资料编写组. 炼铁设计参考资料[M]. 北京:冶金工业出版社,1975.