

# 3YC7合金电渣重熔工艺技术

李道乾,刘玉庭,马中钢,贾成建,李化坤

(山东瑞泰新材料科技有限公司,山东 淄博 256100)

**摘要:**用二次电渣重熔技术,减少3YC7合金中杂质含量和气体含量。去除合金棒料二次缩孔。使合金棒料表面光滑,化学成分均匀,组织致密。利用电渣二次重熔脱硫技术,使合金中的硫含量降低到0.01%以下。满足客户后续加工的要求。

**关键词:**3YC7合金;电渣重熔;用电制度;渣制度

中图分类号:TF142

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2015)05-0020-03

## 1 前言

耐蚀合金经时效处理或冷变形并时效处理后,具有很高的强度和弹性,在还原性介质中具有好的稳定性,尤其是在H<sub>2</sub>S、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>、醋酸等介质中的稳定性相当高,使用温度可达400℃。合金不能在强氧化性腐蚀介质中使用。可以用作承受高负荷的耐蚀弹性、弹力元件,小型重荷耐磨构件、易磨损件、受冲击件等。3YC7合金通过真空感应炉熔炼后,合金中气体含量已经显著降低,但是由于在真空感应炉熔炼时,采用是氧化物坩埚,并用浇铸钢锭的方法进行浇铸,所以合金中仍然残留细小的氧化物夹杂并且合金枝状晶粗大、合金成分存在局部

偏析。

为了解决这些问题,需将该合金进行电渣重熔,使该合金达到产品深加工的技术要求。

## 2 3YC7合金性能要求

3YC7合金性能要求见表1,化学成分要求见表2,合金棒料尺寸按客户需求。

表1 3YC7合金性能要求

状态	抗拉强度/MPa	伸长率/%	硬度
固熔时效	≥1 000	≥8	≥36
硬态时效	≥1 200	≥4	≥42
超硬态时效	≥1 500	≥2	≥48
固熔态	700	≥40	

表2 3YC7合金化学成分要求 %

Ni	Cr	Ti	Al	Mo	Cu	Si	S	P	C	Mn	Fe
39~42	14~17	2.5~3.2	0.7~1.2	4.5~5.5	2.5~3.2	≤0.8	≤0.02	≤0.02	≤0.05	≤0.4	余

## 3 电渣重熔工艺制度

电渣重熔是利用电流通过熔渣时产生的电阻热作为热源进行熔炼的方法,其主要目的是提纯金属并获得洁净组织均匀致密的钢锭。经电渣重熔的钢,纯度高、含硫低、非金属夹杂物少、钢锭表面光滑、洁净均匀致密、金相组织和化学成分均匀。

### 3.1 设备

单立柱单臂熔炼,结晶器自动抽锭。165 kVA

变压器一次侧晶闸管调压变压器。抽锭式结晶器Φ120 mm×450 mm,容积5.08 L,约重45 kg。电极由3根Φ80 mm×450 mm,重45 kg左右,通过氩弧焊焊接在假电极上制成单根电极。电极与结晶器的增殖比为0.66。冷却方式为工业用水直接冷却。

### 3.2 渣制度

在电渣重熔中,渣料配制的正确与否,决定着产品的质量和品质。因此正确的配制渣料是3YC7合金进行电渣重熔的重要因素,渣料的配制见表3。

表3 渣料的配制

名称	CaF <sub>2</sub> /%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	SiO <sub>2</sub> /%	FeO/%	MnO/%	H <sub>2</sub> O/%	Pb/%	S/%	P/%	粒度/mm
精选萤石粉	≥98		≤1.00	≤0.2	≤0.2	≤0.3	≤0.001	≤0.03	≤0.03	≤5.0
钛白粉	≥99		≤0.25			≤0.2	≤0.001	≤0.03	≤0.03	≤0.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 粉		≥99	≤0.20	≤0.2		≤0.4		≤0.03	≤0.03	≤0.5

渣料预先用10% Al Fe合金提纯脱硅后破碎,600℃经4 h烘烤,保温备用。如不精练,也可使用,

但有可能增加铝钛损耗。

炉渣脱氧剂用量:萤石60%,钛白粉5%,铝氧粉30%。随冶炼过程应不断对熔渣进行扩散脱氧,每10 min向炉内投入铝粉30~40 g,每炉投入氧化铝粉0.3 kg,启动前在固体渣中混入铝粉30 g。

收稿日期:2015-08-26

作者简介:李道乾,男,1968年生,2002年毕业于中共山东省委党校经济管理专业。现为山东瑞泰新材料科技有限公司总经理,高级工程师,从事绝缘耐磨合金和高温合金材料研制及生产工作。

### 3.3 电制度

电流密度计算。根据电渣炉电流与电极直径的关系及电渣炉电流密度与电极直径的关系(见图1和图2)可知,当电极直径 $<100$  mm时,电流密度 $>0.6$  A/mm<sup>2</sup>。该产品由于属于试制阶段,为了实验安全,电流密度取下限 $0.6$  A/mm<sup>2</sup>。

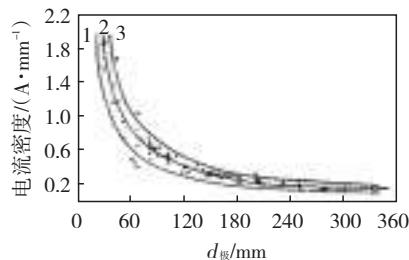


图1 电流密度与电极直径的关系

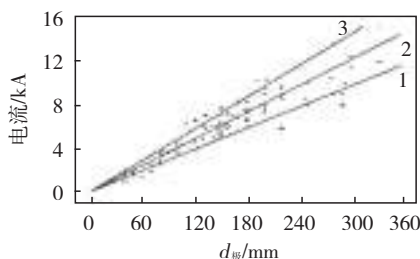


图2 电流与电极直径的关系

电流计算。根据电极直径与电流的关系式:

$$A = K_{\text{电}} S_{\text{电}}$$

式中: $A$ 为工作电流, $K_{\text{电}}$ 为电极的线电流密度, $S_{\text{电}}$ 为电极截面积。

通过计算,工作电流为 $3\ 014.4$  A。

电压计算。通过计算可知,有效工作电压为 $33.2$  V,由于目前无法得到变压器压降及线路压降,所以需生产过程中进行实际测量后,才能确定表头电压。为了使工艺具有操作性,按经验值 $15$  V估算,则工作电压约为 $48$  V左右。

熔池深度及熔化率的推测。电流、电压对 $H_{\text{金}}$ 的影响见图3,融化率与熔池深度的关系见图4,各过程电流、电压控制经验表见表4。可知,采用目前的供电制度所炼合金熔池深度约为 $50 \sim 60$  mm,熔化率约为 $80 \sim 90$  kg/h。

## 4 操作工艺

### 4.1 基本流程

电渣熔铸操作的基本程序是:夹持自耗电电极,在底水箱上铺设引锭板、安放结晶器,自耗电电极通过升降机构送入结晶器内,送电启动(包括冷、热启动),然后进行熔铸。熔铸到产品要求的尺寸后进行补缩、停电、模冷,最后脱模。

### 4.2 熔铸前的准备

熔铸前准备工作主要包括夹持电极、放置引锭

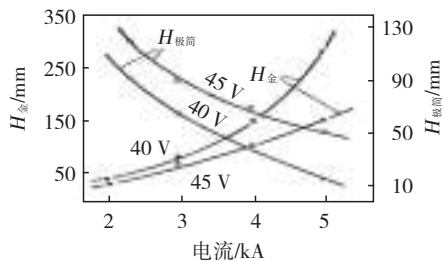


图3 电流、电压对 $H_{\text{金}}$ 的影响

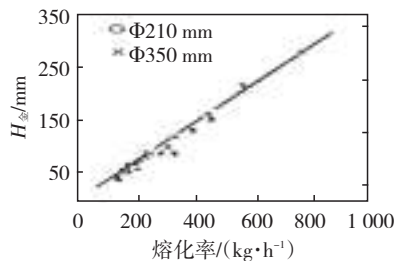


图4 融化率与熔池深度的关系

表4 各过程电流、电压控制经验

项目	工作电压/V	电流/A	备注
化渣	40~45	1 200~1 600	
熔炼	44~48	3 200~3 300	
补缩1	44~48	2 400~2 600	1 min
补缩2	40~44	1 000~1 200	4 min
结束			自然断电

板等工作。在电极夹持器夹持电极应特别注意夹紧,使电极与夹持器之间接触良好。所夹持的电极应位于底结晶器的中心,并与其垂直。电极棒与结晶器之间的最小间隙应 $>25$  mm。结晶器应平稳地安放在专用平台底座上加以固定,并使底结晶器与平台(炉体)绝缘。

底结晶器上放置引锭板。一般引锭板直径 $118$  mm,厚度为 $25 \sim 30$  mm。引锭板采用的材质应与所炼钢种相同。引锭板应进行打磨与底结晶器接触良好,要求二者接触面大于引锭板面积的 $70\%$ 。

采用固体渣引燃时,在引锭板上放置导电渣,导电渣用量约为 $100$  g左右。在导电渣周围应放置适量的纯萤石粉,以利于渣池的形成。

引燃剂。使用 $\text{CaF}_2\text{-TiO}_2$ 型导电渣,操作简便,稳妥没有噪音,无明弧放电现象。但这种导电渣常常会引起钢锭底部氮化物夹杂的增高,根据实验情况,选取 $\text{Al-CaO}$ 作为引燃剂使用。

### 4.3 引燃启动

固体渣直接用金属电极引燃,底部放 $\Phi 40$  mm  $\times$   $30$  mm左右已经压制成块的导电渣作引燃剂。引锭板理论上应为与所炼材料相同材料制作而成,但由于条件所限,暂时采用 $45^\circ$ 钢板作为引锭板使用。固态启动是指在结晶器内进行化渣,将金属电极下降送入结晶器内,当带电电极端部与导电渣接触后,由于电阻热使导电渣熔化,随即将渣料均匀加入结

晶器内。在实际操作中,往往将萤石粉(或 $<5\text{ mm}$ 的颗粒)先加入一部分造成渣池,然后将混合渣料陆续加入。待渣料全部化清后可适当提高功率,转入熔铸阶段。也可在启动开始就将全部渣料加入结晶器内的,这种方法要求渣料粒度小,否则会造成钢锭底部成型不良的缺陷。

#### 4.4 电渣熔铸

电渣熔铸是整个电渣过程的关键环节,按照冶炼工艺规定的基本控制参数进行熔铸同时,观测目标参数及技术经济指标是否合理,对基本控制参数进行判断与调整,使整个过程尽量稳定于最佳状态。

##### 4.4.1 电参数的控制

自耗电极根据熔化速度来调整电极的送进速度。如果发现 $V_{\text{熔}}$ 值过大,要观测 $H_{\text{金}}$ 和 $H_{\text{理}}$ 等值。一般 $V_{\text{熔}}$ 增加是由于功率过大所致。如果 $H_{\text{金}}$ 和 $H_{\text{理}}$ 同时增大,说明电流大,这时应减小电流使之与电压相匹配。如果 $H_{\text{金}}$ 增大而 $H_{\text{理}}$ 减小,说明电压大,这时应减小电压使之与电流相匹配。用单相单极工艺熔铸产品时,电流表突然指0,电流中断,如果不是其他事故的话,这是由于钢锭与结晶器之间有连接点(或由分流造成钢锭与钢质结晶器熔焊),再加之钢锭(或铸件)的收缩使得引锭板与底结晶器分离造成电气回路的间断。这时电渣炼钢工必须迅速在引锭板与底结晶器之间铺设导电体(炭粉或钢板)恢复冶炼。钢液面在结晶器内的高度达 $250\sim 300\text{ mm}$ 时开始抽锭,每次抽 $50\text{ mm}$ 左右,严防抽漏。

##### 4.4.2 炉渣控制

在熔铸过程渣制度的控制主要是对渣池厚度与炉渣成分的控制。由于熔铸过程渣皮消耗及熔渣的挥发,渣池深度不断减少,以至影响了电渣过程的正常进行,这就需要补充新渣。补渣方法有两种,一是补液渣,这对冶炼过程的稳定性有利,由于设备限制,暂时不适合我们生产采用。另一种方法是补加固体渣粉(粒度 $<3\sim 5\text{ mm}$ ),应注意掌握勤加少加的原则,每次加渣应控制渣池中固体渣料能化清的原则。当补加渣料的量过多时,可成批间隔加入(每批补加渣量按总渣量的 $10\%\sim 15\%$ 加入),以免大批冷渣进入炉内影响钢的质量。有时由于结晶器截面变小使渣量减少,应将渣液取出,以保持所要求的渣池深度。取渣时间控制在 $1\sim 1.5\text{ min}$ 。取渣时容器不得插得过深以免影响钢的质量。

##### 4.4.3 脱氧剂的使用

由于炉渣中存在不稳定氧化物,电极制备脱氧不良等原因,都会造成在熔铸过程中易氧化元素的烧损。为此,一般在冶炼过程中多采用脱氧剂对炉渣进行脱氧,以保证重熔钢的质量及化学成分。随

冶炼过程应不断对熔渣进行扩散脱氧,每 $10\text{ min}$ 向炉内投入铝粉 $30\sim 40\text{ g}$ ,每炉投入氧化铝粉共计 $0.3\text{ kg}$ 。启动前在固体渣中混入铝粉 $30\text{ g}$ 。

##### 4.4.4 冷却水温控制

冷却水温对电渣冶炼的热量消耗、钢锭结晶、表面质量以及安全都有很大影响。关于水温控制,一般要求底结晶器比上结晶器要低 $10\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,上结晶器水温应根据所炼钢种等因素来控制,一般上结晶器水温控制在 $40\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冷却水的流量与水温调节应尽量采用自动控制,力求流量均匀,以保证钢锭表面质量。

##### 4.4.5 补缩操作

为了保证铸铸件顶部冶金质量,在冶炼结束之前要进行补缩操作。补缩标准应以钢锭头部平正无凹或凸出 $10\text{ mm}$ 为宜。连续式补缩的方法是降低电流、降低熔池深度,相对提高凝固速度。由于液体金属不断填充,从而达到补缩目的。

##### 4.4.6 模冷

补缩停电后熔铸件进行模冷。目前,主要通过结晶器冷却水进行模冷。模冷原则:模冷至保证熔渣凝固为准;模冷期应适当调小水量的控制,水温一般不应低于 $40\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。模冷期间禁止移动结晶器,在此期间不得搅动和挖出炉渣。在完成模冷后应立即进行脱模。如需进行缓冷或退火的钢种,在脱模后应立即按规定进行缓冷或退火。

#### 4.5 安全

电渣熔铸是在水冷结晶器内炼钢,再加上以电源为基本能源,采用氟化物渣系等特点,所以除考虑一般安全措施外,还应考虑:结晶器在使用前必须进行焊接质量检查,进行打压试验压力为 $5\text{ kg/cm}^2$ ,振动 $10\text{ min}$ ,充放两次;电渣熔铸前必须对电器回路进行检查,不得有短路;冶炼过程中电极距结晶器内壁的距离 $<25\text{ mm}$ ,严防打弧击穿结晶器;冷却循环水不得中断,电渣车间必须设有备用水源,水压 $<0.25\text{ MPa}$ ;电渣车间应设有高效率的抽尘设备,将氟化物烟尘降低至最低限度。

#### 5 结 语

经电渣工艺处理后的3YCr7合金锭表面光滑洁净,化学成分均匀,金相组织均匀致密。经浮渣检测,金属液面纯净完全符合技术要求,合金中的硫含量降低到 $0.01\%$ 以下,合金棒料完全消除了二次缩孔,满足客户加工的技术要求。

##### 参考文献:

- [1] 李正邦. 电渣冶金与电渣熔铸在中国的发展[J]. 铸造, 2004(11): 855-861.

(下转第28页)

缝溅渣效果,必须在炉渣温度降低、炉渣有一定黏度时强化对炉底接缝溅渣,前期低枪位溅渣溅起大量炉渣并集中在炉体中上部,保证溅起的炉渣有一定下降空间,即使渣稀顺炉壁流下也能粘附在炉体上。认真观察甩起渣片情况,当炉渣变黏后及时降枪,提高顶吹压力,强化对炉底接缝的溅渣维护。

#### 2.4 挂渣和喷补维护

生产中利用生产间隙,通过前后多次摇炉,使炉渣尽量挂在熔池和炉底接缝位置,挂渣完后前后倾斜炉体 $30^\circ$ ,保证一定时间,提高挂渣效果;炉体接缝明显薄弱时,直接组织对接缝部位进行重点喷补,确保炉体安全。

### 3 结 语

通过转炉炉壳改进、炉衬砖型设计与砌筑方案

的优化、活炉底复吹转炉炉体维护等关键技术的应用,为活炉底复吹转炉的长寿命提供了可靠的技术保障。莱钢特钢事业部120 t活炉底复吹转炉在全复吹条件下,克服转炉时断时续生产的不利因素,炉龄已达到27 000炉,且目前仍在安全运行,为降低转炉吨钢耐材成本及转炉高效化生产提供了技术保障。

#### 参考文献:

- [1] 黄成红,殷享兵,李具中,等.转炉炉底与炉身连接方式的改进[J].武钢技术,2007,45(5):47-49.
- [2] 纪瑞东,魏薇,李俊,等.解决转炉炉体空洞的措施[J].耐火材料,2011,45(3):229-230.
- [3] 蔡伟,杨利彬,王东,等.转炉冶炼低碳钢炉衬侵蚀及溅渣冷态模拟及应用[J].炼钢,2012,28(4):7-9.
- [4] 刘希山,李浩,张培帅,等.顶底复吹转炉护炉工艺优化[J].山东冶金,2010,32(5):23-24.

## Application of Long Lining Life Technology on 120 t Combined Blown Converter with Movable Furnace Bottom in Laiwu Steel

FENG Nian, YANG Dongli, ZHANG Huade

(Laiwu Branch Company of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271126, China)

**Abstract:** The reasons of affecting low service life were analyzed about the Combined blown converter with Movable furnace bottom, and through the design application of the lining-refractory and the brick shape, the laying process, the bottom of the furnace bottom blowing metal mushroom head formation and maintenance, slag splashing and the gunning maintenance, and so on, all these measures make the service life achieve 27 000 on 120 t Combined blown converter with Movable furnace bottom.

**Key words:** movable furnace bottom; combined blown converter; furnace lining life; slag splashing

(上接第22页)

## Electroslag Technology for 3YC7 Alloy Remelting Production

LI Daoqian, LIU Yuting, MA Zhonggang, JIA Chengjian, LI Huakun

(Shandong Roitie New Material Science and Technology Co. Ltd., Zibo 256100, China)

**Abstract:** Using secondary electroslag remelting technology, lots of impurity and gas in 3YC7 alloy can be reduced. The secondary sinkhole of alloy rod can be removed, that made alloy rod surface smooth and increased the uniform of the chemical composition and got compact microstructure. By means of the secondary remelting electroslag desulfurization technology, the sulfur content can be reduced to less than 0.01% and it can meet the requirements of customer's follow-up processing.

**Key words:** 3YC7 alloy; electroslag remelting; power condition; slag-forming practice

(上接第25页)

## Application of Constant Pressure Variable Frequency Speed Regulation Model in Dust Removal for Casthous in Meigang

PENG Zhiping

(The Ironmaking Plant of Shanghai Meishan Iron and Steel Co., Ltd., Nanjing 210039, China)

**Abstract:** According to different conditions of blast furnace casthouse, the article designs a frequency control model of speed regulation which can keep dedust pressure constant for blast furnace casthouse dust, can meet the needs of normal flue gas volume in the process of blast furnace production, can keep the pressure constant of gas piping stress. By means of the field dedusting valve control technology, due to it is set in the dust control mud gun in front of the furnace operation room, it can finish the operation of the dedusting valve and fan. The application in Meigang's No.5 blast furnace fan installed with  $2 \times 2$  ( $4\ 070\ \text{m}^3$ , 240 kW) shows that the field of iron dust removal fan ton iron total power consumption is 5.78 kW·h, energy conservation and emissions reduction effect is obviously.

**Key words:** blast furnace; casthouse; dust-clearing system; constant pressure variable frequency speed regulation