

## 80 t LF 精炼特殊钢的热态返回渣的循环应用

丁宁<sup>1,2</sup> 秦登平<sup>2</sup> 王坚<sup>2</sup> 包燕平<sup>1</sup> 王立峰<sup>2</sup>

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083; 2 首钢技术研究院,北京 100043)

**摘要** 首钢精炼 82B、40Cr、20CrMnTi、60Si2Mn 等钢种采用 LF 循环利用热态返回渣工艺。LF 使用热态还原循环渣精炼特殊钢时,补加合成渣(或活性石灰)200~400 kg/炉,适当增加电石消耗量,并用铝粒、电石、硅铁粉对渣脱氧。生产实践表明,采用该工艺使精炼脱硫率达到 50% 以上,LF 后钢水氧活度 $\leq 10 \times 10^{-6}$ ,并使 LF 造渣料-合成渣减少 5 kg/t<sub>钢</sub>,埋弧渣减少 2 kg/t<sub>钢</sub>,冶炼成本降低 7 元/t<sub>钢</sub>。热态精炼渣具有较高的回收利用价值。

**关键词** LF 热态精炼渣 循环利用

## Reutilization of 80 t LF Hot Return Refining Slag for Special Steel

Ding Ning<sup>1,2</sup>, Qin Dengping<sup>2</sup>, Wang Jian<sup>2</sup>, Bao Yanping<sup>1</sup> and Wang Lifeng<sup>2</sup>

(1 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083;  
2 Research Institute of Technology, Shougang, Beijing 100043)

**Abstract** The LF hot return slag process at Shougang is reutilized to refine steels including steel 82B, 40Cr, 20CrMnTi and 60Si2Mn. During refining special steels in LF with using hot reducing return slag, 200~400 kg/heat of synthetic slag or active lime is added, the consumption of calcium carbide increases properly and the slag is deoxidized by aluminium shot, calcium carbide and silico-ferrite powder. Production practice shows that with using this process the refining desulphurization rate is more than 50%, after LF refining the liquid oxygen activity  $\leq 10 \times 10^{-6}$ , the LF slag making materials- synthetic slag decreases by 5kg/t steel and submerged arc slag decreases by 2 kg/t steel, and the melting cost decreases by 7 yuan/t steel. The hot refining slag has higher reutilization value.

**Material Index** LF, Hot Refining Slag, Reutilization

首钢炼钢厂主要生产钢种为铰线钢、齿轮钢、轴承钢等品种。中高碳钢种的比例在 50% 以上,中高碳钢采用 LF 循环利用热态循环渣工艺,应用在 82B、40Cr、20CrMnTi、60Si2Mn 等钢种。将浇铸后剩余的热态钢渣倒入下一炉钢包中循环利用,循环渣只应用一次。

钢包容量为 80 t,以生产 82B 钢为例来说明精炼渣的循环利用的过程。转炉出钢后,将钢包吊至 1<sup>#</sup>吹氩站,由修砌车间人员将铸机上的钢包吊下,将余渣倒入 1<sup>#</sup>吹氩站接渣的钢包中,再将接过渣的钢包吊至 LF 进行精炼处理。铸机浇完后,在 15 min 内将残余热态钢渣折入 1<sup>#</sup>吹氩站的钢包中,若钢包在转台下停留时间超过 15 min,影响钢水温度,则不再回收利用,直接倒入渣罐中。

生产 82B 钢时,转炉下渣厚度平均 50 mm,钢包中期时直径为 2.69 m,下渣量约为 1 t;转炉出钢加入的合成渣为 200 kg,精炼过程加入合成渣、埋弧渣、萤石为 1 t,总量为 1.2 t。82B 钢精炼循环前后炉渣成分的变化如表 1 所示,进站成分和精炼结束成分如表 2 所示。

表 1 82B 钢精炼循环前后渣平均成分/%

Table 1 Average ingredient of refining slag for steel 82B before and after reutilization / %

项目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	S
精炼终渣	18.57	10.50	47.19	8.76	0.25	1.08	0.65
连铸终渣	27.38	11.12	36.62	11.16	0.26	3.52	0.40
接渣炉次的转炉渣样	10.25	8.89	29.88	5.18	0.47	4.53	0.64
接渣后到站渣样	17.33	10.64	43.21	9.41	0.32	1.87	0.69
10 min 渣样	17.74	11.45	41.28	11.98	0.35	1.51	0.68
结束渣样	16.78	14.70	42.75	13.61	0.25	1.15	0.80

表 2 82B 钢 LF 精炼钢水到站和结束成分/%

Table 2 Chemical composition of steel 82B before and end LF refining / %

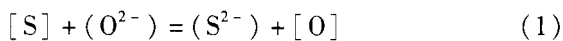
项目	C	Si	Mn	P	S
进站	>0.60	>0.11	0.6~0.8	$\leq 0.015$	$\leq 0.017$
精炼结束	0.77~0.81	0.18~0.35	0.6~0.9	$\leq 0.015$	$\leq 0.010$

LF 精炼在处理使用热态还原循环渣的钢种造渣时,补加合成渣(或活性白灰)200~400 kg/炉,不加埋弧渣,选择合适的抽头化渣,适当增加电石耗量,并用铝粒、电石、硅铁粉等脱氧剂对渣脱氧,对于硫较高的炉次,可适当补加合成渣(或活性白灰),以保证一定的脱硫率。

## 1 LF 热态循环渣利用的理论研究

### 1.1 对钢水硫含量的影响

炉渣脱除钢液中硫的能力可以用渣-钢硫容量 ( $C_s$ ) 来表征,其值可根据下列渣-钢间的平衡反应来测量<sup>[1]</sup>:



$$C_s = (S)[a_o]/[a_s] \quad (2)$$

式中: $[a_o]$ 、 $[a_s]$ -分别为 O 和 S 的活度。

根据萨辛斯基(Sosinsky)和萨莫尔维尔(Sommerville)理论,不同温度下硫容量和渣系光学碱度的关系则有:

$$\lg C_s = (22\ 690 - 54\ 640 A)/T + 43.6 A - 25.2 \quad (3)$$

式中:A-光学碱度;T-温度。

(3)式表明硫容量随着温度的升高而增大,同时也随着碱度的增长而上升,根据(3)式可以导出渣-钢硫容量和温度、炉渣成分的关系式<sup>[2]</sup>:

$$\lg C_s = B/A + 2.82 - 13\ 300/T \quad (4)$$

式中:B- $5.623(CaO) + 4.15(MgO) - 1.152(SiO_2) + 1.457(Al_2O_3)$ ; A- $(CaO) + 1.391(MgO) + 1.867(SiO_2) + 1.65(Al_2O_3)$ 。

温度 T 取 1 843 K (或 1 570 °C),计算钢渣循环利用过程中硫容量变化如下:

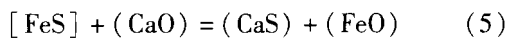
$$(1) \text{ 循环利用前 } C_s'_{0} = 0.018;$$

$$(2) \text{ 循环利用后 } C_s'_{1} = 0.015。$$

从以上数据推断,当循环利用一次后,渣-钢硫容量变化不大,但能满足脱硫的需要。实践证明,钢厂在利用 LF 热态循环渣,能够保持精炼脱硫率在 50% 以上,使钢水中的硫在内控标准的下限。

### 1.2 热态钢渣循环利用过程硫的分配系数变化

根据钢水脱硫反应式:



钢渣脱硫能力用分配系数 ( $L_s$ ) 表示:

$$L_s = (S)/[S] \quad (6)$$

可以用渣中的硫含量与钢水中的硫含量比值表示  $L_s$ ,把表 1 中的数据(取中限)代入式(6)中,则  $L_s$  有如下变化:

$$(1) \text{ 循环利用前 } L_{s1} = 70;$$

$$(2) \text{ 循环利用后 } L_{s2} = 75。$$

从  $L_s$  变化情况看,随着钢渣循环次数的增加  $L_s$  值有上升趋势,说明一次循环后脱硫速率没有降低。

### 1.3 对钢水氧含量的影响

在一定程度上,钢液内的总氧量代表了钢液中夹杂的数量。LF 精炼过程要用大量脱氧剂最大限度地降低钢液中的溶解氧,在降低溶解氧的同时,进一步降低 (FeO)、(MnO)。使用热态循环渣以后,离站钢水氧活度  $\leq 10 \times 10^{-6}$ ,精炼白渣能够形成,对脱氧没有影响。

### 1.4 对温度和电耗的影响

由于受厂房空间条件限制,在 LF 热态渣回收利用过程中,没有合适的场地,必须使用天车将浇完钢后的钢包,吊到中间站后进行接渣操作,这样既增加了钢包周转时间,又增加钢水的温降。如果钢包在中间停留时间超过 12 min,钢水进加热温度平均比正常炉次低,倒渣过程停留时间越短,精炼升温的时间减少的越多,经过多炉次的统计,将倒渣过程时间控制在 12 min 以下。使用 LF 热态循环渣后成渣速度快,省去了破渣壳的过程以及加入渣料引起的温降。生产 82B 钢的周期为 55 min,其中平均吨钢电耗为 41.5 kWh/t<sub>钢</sub>,统计表明,使用 LF 循环渣后,精炼初期成渣速度会加快,缩短精炼升温时间 3 ~ 5 min、节约了电耗 6.5 ~ 10.8 kWh/t<sub>钢</sub>。

## 2 效益核算

通过精准控制在吹氩站停留时间,在考虑电耗等指标相同的条件下,精炼工序每炉减少合成渣 5 kg/t<sub>钢</sub>,埋弧渣减少 2 kg/t<sub>钢</sub>,则节省成本 7 元/t<sub>钢</sub>,同时能使资源得到有效利用。

## 3 结论

LF 热态钢渣的循环利用,减少了 LF 造渣料,降低石灰消耗 5 kg/t<sub>钢</sub>,埋弧渣减少 2 kg/t<sub>钢</sub>,降低成本在 7 元/t<sub>钢</sub>,如果在 LF 热态循环渣周转上有条件,则进一步会减少精炼初期的化渣环节,提高了 LF 供电初期电极的稳定性和热效率,节约电能;钢渣循环利用的同时,减轻了电弧对钢包渣线层的辐射,有利于提高钢包寿命,降低耐火材料消耗;回收钢包内浇余钢水,提高了金属收得率。

### 参考文献

- 张 鉴. 炉外精炼的理论与实践. 北京:冶金工业出版社,1993
- 解养国,吴耀光,胡玉畅,等. LF 炉热态钢渣循环利用技术的应用. 中国冶金,2008,18:32

丁 宁(1979-),男,硕士,工程师,2007 年东北大学毕业,品种钢的开发。

收稿日期:2011-03-09