

## 精炼渣循环利用技术分析

王念欣, 唐立冬, 赵志洪, 徐学永

(济南钢铁股份有限公司 第三炼钢厂, 山东 济南 250101)

**摘要:** 为了实现精炼渣循环利用, 分别对精炼渣样成分、精炼渣脱硫能力及精炼渣循环利用过程中对生产工艺的影响等进行了分析。结果表明, 精炼渣循环3次以内, 不会影响炉渣脱硫及钢包透气性, 而且不会造成钢水的回硅、回磷。目前济钢第三炼钢厂精炼渣利用率45%以上, 实现浇余回收0.6 t/炉, 吨钢可降低石灰消耗3.5 kg、萤石消耗1.2 kg; LF炉处理时吨钢电耗约降低3 kW·h; 降低了废渣排放, 取得了显著的经济效益和社会效益。

**关键词:** 精炼渣; 循环利用技术; 脱硫; 钢包透气性; 回磷

中图分类号: TF769.2; X757 文献标识码: A 文章编号: 1004-4620(2007)04-0055-02

### Analysis of Recycling Technology of Refining Slag

WANG Nian-xin, TANG Li-dong, ZHAO Zhi-hong, XU Xue-yong

(No.3 Steelmaking Plant of Jinan Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China)

**Abstract:** In order to realize recycling of refining slag, it was analyzed that the component change and desulphurization ability of refining slag and the influence of recycling technology on the production process. The results indicate that the recycling of refining slag within 3 times will not cause adverse effects on the desulphurization of the refining slag and the permeability of the ladle, and will not cause resiliicon and rephosphorization in steel. Now in Jinan Steel No.3 Steelmaking Plant, the rate of recycling is above 45%, realizing the reclaim of the remaining molten steel 0.6 t per ladle, reducing the consuming of lime 3.5 kg/t, the fluorite 1.2 kg/t and the power 3 kW·h/t in LF, decreasing the let of waste slag and so achieving remarkable economic benefits and social benefits.

**Key words:** refining slag; recycling technology; desulphurization; permeability of ladle; rephosphorization

经LF精炼炉处理后的精炼炉渣具有高碱度、低氧化性、低熔点的特性, 同时由于其成分特殊, 还特别容易粉化。而精炼渣循环利用可以节约造渣材料, 减少石灰及萤石用量; 减少精炼过程渣对炉衬的侵蚀, 提高包衬寿命和下一炉脱硫能力及脱氧吸附夹杂的能力。同时, 热态精炼渣循环利用还可以提高成渣速度, 减少熔化渣料的电耗, 实现浇注后余钢回收, 进一步提高金属收得率, 减少工业废物的排放量。济钢第三炼钢厂通过对热态精炼渣进行分析研究, 将连铸机浇注完后钢包内的钢渣不倒入渣盆, 而是出钢前直接倒入空钢包(或倒入出钢后的钢包内), 进行钢包浇余及精炼渣的回收再利用, 实现了所谓“废渣”的循环利用, 取得了显著的经济效益和社会效益。

### 1 精炼渣样成分

分别对原始渣(循环前)、循环1次、循环2次、循环3次的炉渣取样化验, 其组分变化见表1。

表1 精炼渣成分组成

循环次数	成品[S]/%	SiO <sub>2</sub> /%	CaO/%	R	S/%	MgO/%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	FeO/%	MnO/%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /%
循环前	0.0058	8.680	50.187	5.782	0.53	5.40	16.92	0.7	0.22	0.0197

循环1次	0.0063	7.561	48.823	6.458	0.61	6.58	19.73	0.48	0.13	0.0280
循环2次	0.0082	7.017	49.553	7.062	0.83	9.96	24.34	0.54	0.24	0.0163
循环3次	0.0090	6.360	44.530	7.002	0.79	9.86	27.51	0.51	0.17	0.0230

注：R为精炼渣碱度， $R=CaO/SiO_2$ 。

可见，随循环次数的增加，精炼渣碱度逐渐升高，这主要是循环过程中不断补加小粒度石灰的结果；同时由于对包衬的侵蚀及每次都进行喂铝线，精炼渣中的 $(MgO)$ 及 $(Al_2O_3)$ 都逐步积累呈上升趋势。

## 2 精炼渣脱硫能力分析<sup>[1]</sup>

### 2.1 曼内斯曼指数

由曼内斯曼指数(M)原理：

$$M=R/Al_2O_3=(CaO/SiO_2)/Al_2O_3=0.25\sim 0.35, \quad (1)$$

说明当 $M=0.25\sim 0.35$ 时，钢渣具有较好的脱硫效果。把表1中数据代入式(1)，计算钢渣循环利用过程中曼内斯曼指数变化：循环利用前 $M_0=0.342$ ；循环利用1次 $M_1=0.327$ ；循环利用2次 $M_2=0.290$ ；循环利用3次 $M_3=0.255$ 。

可见，随循环次数的增加，由于适当补加了顶渣，炉渣碱度提高，但是由于精炼处理过程中需要加入铝线、铝粒，导致渣中 $Al_2O_3$ 含量相应升高，同时由于渣中 $Al_2O_3$ 含量的升高比炉渣碱度升高的幅度相对要大，所以炉渣的曼内斯曼指数逐渐下降而偏离 $0.25\sim 0.35$ 的最佳范围，脱硫能力相应下降。原则上精炼渣可以进行3次循环利用，但是要兼顾好炉渣碱度和 $Al_2O_3$ 含量的关系。

### 2.2 硫的分配系数

由钢水脱硫反应式： $[FeS]+(CaO)=(CaS)+[FeO]$ ，钢渣脱硫能力用分配系数 $L_s$ 表示：

$$L_s=(\%S)/[\%S]。 \quad (2)$$

把表1中的数据代入式(2)，则 $L_{s0}=91.38$ ； $L_{s1}=96.83$ ； $L_{s2}=101.22$ ； $L_{s3}=87.78$ 。因此，随着精炼渣循环次数的增加， $L_s$ 开始是上升的，但循环利用3次以后就开始下降，脱硫速率相应开始降低。 $L_s$ 还受铁水条件的影响，铁水KR处理与否直接影响入炉硫含量及成品硫含量，从而也给钢渣的脱硫能力带来较大的变数。

## 3 精炼渣循环利用对生产工艺的影响

随着热态精炼渣的循环利用，分别跟踪分析了精炼渣回收过程中对钢包透气性、渣层变化、炉渣脱硫率、增硅、回磷等的影响。

### 3.1 钢包透气性

对进行热态精炼渣回收炉次进行钢包透气性抽查，统计分析其带来的影响，具体数据见表2。

表2 倒渣时机对底吹的影响

倒渣时机	总炉数	透气性好炉数	透气性较好炉数	透气性一般炉数	透气性好的百分数
出钢前倒渣	115	107	7	1	93.04
出钢后倒渣	61	57	4	0	93.44

不倒循环渣	100	94	5	1	94
-------	-----	----	---	---	----

现场跟踪出钢前倒渣的炉次，未发现钢包底吹不透现象，底吹均非常好。说明在正常情况下出钢前倒渣和出钢后倒渣对钢包透气性影响差别不大。与不倒循环渣炉次的钢包透气性比较可见，倒循环渣基本不影响钢包的透气性。

### 3.2 渣层厚度

循环次数与渣层厚度的关系见表3。

表3 循环次数与渣层厚度

炉号	钢种	渣层厚度/mm	循环次数	精炼石灰/kg	精炼萤石/kg
6603860	Q345B-R	115	0	1000	330
6703624	S275JRH	105	0	600	200
6703622	Q345B-R	130	1	600	200
6603881	X42	110	0	600	200
6603882 <sup>1)</sup>	SPHC	170	0	1000	200
6703828 <sup>2)</sup>	Q235B内2	250	3	600	200
6703827	Q235B内2	90	1	600	200
6603965	Q235B内2	110	0	1000	300
6603966	Q235B内2	170	2	600	200
6703729	Q235B内2	130	0	1000	400

注：1) 挡渣效果差；2) 挡渣效果一般。

由表3可见，随精炼渣循环次数的增加，钢包内的渣层厚度相应增加，但只要出钢口正常、保证挡渣效果，精炼渣进行循环利用3次以内基本不会因为渣层过厚而对精炼处理造成明显影响。

### 3.3 脱硫率

为提高精炼渣碱度，采取在精炼工序补加适量的小粒度石灰，事实证明碱度提高后，循环渣的脱硫率可相对提高约6.5%。

统计分析表明，精炼渣回收和未回收炉次相比，脱硫率差别不大（相差约2%），尤其是循环后在精炼工序补加小粒度石灰，其脱硫率大致相当，说明进行精炼渣回收利用不会影响精炼工序的脱硫能力。

### 3.4 SPHC钢种回硅、脱硫对比分析

针对SPHC低碳低硅钢种，精炼渣循环利用及不循环利用炉次原始数据对比见表4。

表4 精炼渣循环与否数据对比

项目	出钢量/t	[Si] <sub>CAS</sub> /%	[Si] <sub>CCM</sub> /%	增硅量/%	[S] <sub>CAS</sub> /%	[S] <sub>CCM</sub> /%	脱硫/%
循环炉次	148.857	痕迹	0.036	0.036	0.0152	0.007	0.0082
不循环	151.917	痕迹	0.029	0.029	0.013	0.006	0.007

注：[Si]<sub>CAS</sub>、[S]<sub>CAS</sub>分别为出钢后CAS站取样分析的钢水中的硅、硫含量；[Si]<sub>CCM</sub>、[S]<sub>CCM</sub>为成品样中的硅、硫含量。

循环炉次平均增硅0.036%，而不循环炉次平均增硅0.029%，所以冶炼SPHC钢种可以进行精炼渣循环利用。同时，由于循环炉次适量补加了小粒度石灰，提高了炉渣碱度，保证了脱硫效果。

### 3.5 对回磷的影响

为减少夹杂物、提高钢水质量、实现过程精准管理，济钢第三炼钢厂制定了《出钢下渣量控制管理办

法》，加强出钢口维护、确保出钢挡渣效果，严格控制出钢下渣，减少下渣回磷，目前所有工序的回磷量平均 $<0.004\%$ 。通过对100炉次的跟踪，进行精炼渣循环利用后回磷量平均增加 $0.0007\%$ ，所以进行精炼渣循环利用不影响低磷钢种的冶炼。

#### 4 结 语

济钢第三炼钢厂于2006年6月份正式进行精炼渣循环利用，通过制定详细的《精炼渣循环利用方案》，合理优化生产组织节奏，运行效果良好，当月精炼渣循环利用率达到45%。经初步统计，通过精炼渣循环利用，每炉回收余钢（大包浇余） $0.6\text{ t}$ ；减少了出钢时的顶渣用量，吨钢可降低石灰消耗 $3.5\text{ kg}$ 、萤石消耗 $1.2\text{ kg}$ ；LF炉处理时吨钢电耗约降低 $3\text{ kW}\cdot\text{h}$ ；同时精炼渣经过循环利用，降低了废渣排放，减少了工业污染，达到了清洁生产的目的，同时取得了显著的经济效益和社会效益。

#### 参考文献：

[1] 张监. 炉外精炼的理论与实践[M]. 北京:冶金工业出版社, 1999.

---

[返回上页](#)