

# 关于 120t 转炉少渣冶炼的应用实践研究

杨希杰, 李俊, 王忠刚, 高志滨

莱芜钢铁集团银山型钢炼钢厂, 济南 271104

## Practical Study on Application of Less Slag Smelting in 120t Converter

Yang Xijie, Li Jun, Wang Zhonggang, Gao Zhibin

Laigang group yinshan section steel plant, Jinan, 271104, China

### 1. 前言

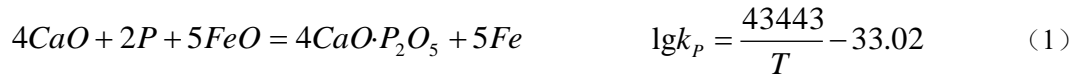
随着各钢厂品种结构不断优化, 生产品种钢越来越多, 为了实现良好的终点命中, 同时保持良好的炉体状况, 转炉渣料消耗(石灰+白云石)持续较高控制在 50kg/t 以上, 不利于企业降本和绿色低碳发展。研究转炉少渣冶炼, 采取相关工艺措施, 稳定转炉留渣量及转炉过程操作, 实现终点的良好命中, 从而降低转炉石灰消耗, 节约生产成本。莱芜炼钢厂 2022 年 1 月开始实行少渣冶炼, 经过一年的尝试摸索, 转炉渣料消耗由 56.26kg/t 降低至 42.12kg/t, 取得了显著的经济效益。

### 2. 留渣操作

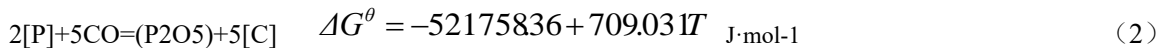
#### 2.1. 原理

##### 2.1.1. 脱磷原理

根据炉渣分子理论, 脱磷反应是在钢-渣界面完成的, 脱磷反应及其平衡常数表达式如式 (1) 所示。



一般认为转炉冶炼前期碳、磷选择性氧化的热力学方程如下式:



渣中(CaO)、(FeO)越高, 4CaO·P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 越高, 则渣中(P)高, 钢中[P]低。同时, 有关研究也表明, 终点碱度越高, 则渣中自由(CaO)越多, 钢中[P]越低。当渣中(CaO)含量达 40% 左右时, L<sub>p</sub> 值最大, 效果较好; 渣中(CaO)过多时, 炉渣变粘, 脱磷效果反而变差。终点渣碱度为 3 左右时, 脱磷效果最好, 脱碳炉终渣中含有大量的(CaO), 有利于脱磷。

##### 2.1.2. 留渣原理

转炉冶炼遵循“早化渣, 化透渣, 提高初渣(FeO), 造低熔点 2FeO·CaO·SiO<sub>2</sub> 渣多去磷”的原则, 控制炉渣合适的氧化性。转炉上一炉溅渣护炉完毕后, 将一部分炉渣留渣炉内, 即来自前一炉尾渣的(FeO)和 CaO, (FeO)升高会促进氧化钙在渣中的溶解, 但过高的(FeO)会告成铁损失率高和喷溅。

表 1 转炉渣样数据

Table 1 Converter slag sample data

TFe	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	碱度 R
18.62	17.65	44.3	6.29	1.53	2.51

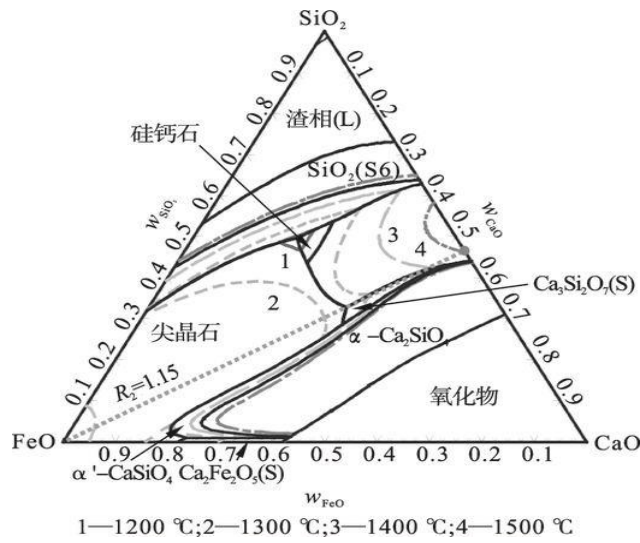


图 1 CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO 三元体系相图

Fig.1 Phase diagram of CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO ternary system

## 2.2. 转炉留渣精准控制

### 2.2.1. 目测留渣量校准

各个班组中炉长留渣量不统一，留渣量目测不准确，导致留渣量不稳定，导致一助手操作波动大，喷溅多。通过留渣后炉长目测炉内炉渣重量后，再将目测炉渣全部倒入空渣盆进行称重，得出实际炉渣重量及目测炉渣重量偏差值，实际目测重量平均比实际重量轻 1.96t，修正目测留渣重量，以便于精准留渣控制。

表 2 目测炉渣重量及实际炉渣重量偏差值

	试验 1	试验 2	试验 3	试验 4	试验 5
目测重量	4t	5t	12t	7t	6t
实际重量	5.9t	7.3t	14.5t	8.3t	7.8t

### 2.2.2. 留渣标准

#### 2.2.2.1. 低铁耗（热量不足情况下）

(1)留渣量以不大于 5t 为标准，先倒渣后溅渣炉次，具体根据倒渣角度、溅渣时间确定渣量。

表 3 低铁耗下先倒渣后溅渣的留渣摇炉角度及渣量

摇炉角度 (°)	105	107	>110
渣量 (t)	8	6	≤3
溅渣时间 (min)	2.5-3	2-2.5	<2
渣量 (t)	5	4	≤3

(2)先溅渣后倒渣炉次以摇炉角度判断，具体溅渣后摇炉角度。

表 4 低铁耗下先溅渣后倒渣的留渣摇炉角度及渣量

摇炉角度 (°)	160-165	165-170	>170
渣量 (t)	5	4	≤3

(3)终点过氧化、炉渣稀（泡）或点吹炉次，须按照先倒渣后溅渣模式留渣；终点炉渣粘稠、渣量较少炉次，可参考先溅渣后倒渣模式。留渣炉次炉渣必须溅干。

(4) 溅干的标准是摇炉时渣子颗粒状滚动，不得出现液态流动现象。留渣炉长必须对留渣量进行判断并及时与一助手沟通。

2.2.2.2. 正常冶炼（热量充足）

留渣量 1-4#炉以 3-7t 为标准，先倒渣后溅渣炉次，具体根据倒渣摇炉角度、溅渣时间确定渣量。

表 5 正常冶炼先倒渣后溅渣的留渣摇炉角度及渣量

摇炉角度 (°)	105	107	>110
渣量 (t)	8	6	≤3
溅渣时间 (min)	3-3.5	2.5-3	2-2.5
渣量 (t)	7	5	3

2.2.2.3. 全铁冶炼（热量充足）

留渣量 1-4#炉以 5-7t 为标准，先倒渣后溅渣炉次，具体根据、倒渣角度、溅渣时间确定渣量。

表 6 全铁冶炼留渣摇炉角度及渣量

摇炉角度 (°)	105	107
渣量 (t)	8	6
溅渣时间 (min)	3-3.5	2.5-3
渣量 (t)	7	5

3. 自动炼钢

转炉各个班组手动操作炼钢模式下操作随意性强，且各个炉座、班组操作模式不统一不固定，操作不规范，导致过程喷溅严重，石灰、白云石消耗多。通过制定自动炼钢加料模型、枪位模型，固化操作模式，减少人为干预，降低转炉吹炼过程喷溅，降低石灰、白云石消耗。

3.1. 加料控制

加料采用多批次小批量加入模式，头批石灰加入 40%，白云石加入 60%，头批冷料延后至 3 分半开始加入，前期提温利于化渣，炉渣化开后分批次加入石灰，中后期炉渣返干时加入部分冷料调渣，炉渣化渣良好终点前不再加料调渣。

3.2. 枪位控制

前期 2 分钟枪位考虑解决前期温度低的问题，采用低高低低枪位模型，3 分钟高枪位化渣，中期压枪防止氧化铁聚集喷溅，终点压枪保证终点温度成分稳定。

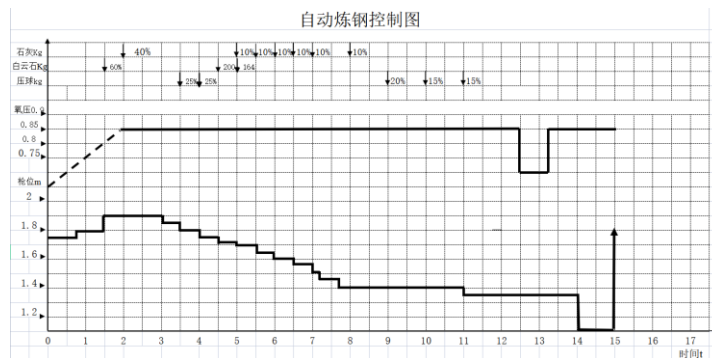


图 2 自动炼钢控制图

Fig. 2 Automatic steelmaking control diagram

## 4. 三试验效果

### 4.1. 转炉一次拉碳率

通过稳定转炉留渣操作和转炉自动炼钢模型的使用，转炉的一次拉碳率由最低 76.21%提升至现阶段 90%左右，极大的降低了转炉终点的氧化性，降低总渣量。

### 4.2. 转炉渣料消耗

通过稳定转炉留渣操作和转炉自动炼钢模型的使用及优化，转炉一次拉碳率不断提升，转炉操作更加稳定，渣料消耗由石灰（42.23kg/t）加白云石（14.03kg/t）合计 56.26kg/t 降低至石灰（29.91kg/t）加白云石（12.22kg/t）合计 42.13kg/t。

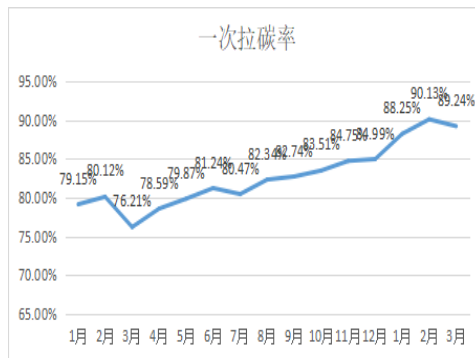


图3 转炉一次拉碳率

Fig.3 Primary carbon drawing rate of converter

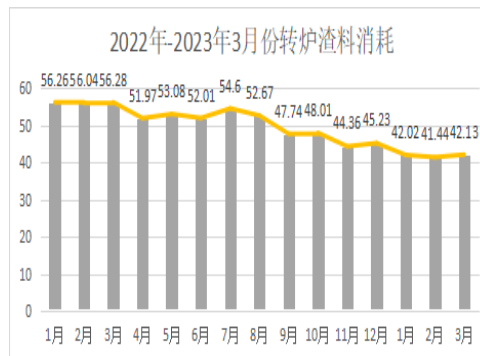


图4 转炉渣料消耗

Fig.4 Slag consumption of converter

## 5. 结论

(1)通过现场摸索 120t 转炉不同铁耗模式下留渣量稳定在 3-7t 范围内最有利于转炉操作控制。

(2)少渣冶炼后转炉的一次拉碳率由 76.21%提升至现阶段 90%左右，极大的减少了终点过氧化炉次，有利于钢水质量提升及降低钢铁料消耗成本。

(3)实施少渣冶炼后，转炉喷溅渣、总渣量、钢铁料消耗等经济指标都向好，通过跟踪发现少渣冶炼后对后续铸坯及钢材质量无影响。

(4)采用少渣冶炼工艺期间，收集转炉数据 9700 炉，转炉石灰消耗由 42.23kg/t 降低至 29.91kg/t 钢，白云石由 14.03kg/t 降低至 12.22kg/t，显著降低了炼钢辅料成本。

## 参考文献

- [1] 黄希枯.钢铁冶金原理[M].北京: 冶金工业出版社,2007.
- [2] 卿家胜.200t 转炉少渣冶炼工艺实践[J].炼钢,2015,(4): 1-5.
- [3] 陈志平, 王多刚, 虞大俊, 等, 转炉炼钢少渣冶炼技术的探索实践 [J].宝钢技术, 2016,(6):17-20.
- [4] 王杰,曾家庆等, 复吹转炉少渣脱磷炼钢工艺过程分析山.炼钢,2015,31(3): 31-35.