

## 100 t 电弧炉 Cojet 集束氧枪的应用

杨俊锋 蔺学浩 任兵

(安阳钢铁股份公司第一炼轧厂, 安阳 455000)

**摘要** 安阳钢铁公司 100 t 电弧炉在复产改造中采用炉壁 Cojet 集束氧枪替代原有的炉壁氧燃烧嘴。100 t 电弧炉改造复产后, 炉料为 80 t 废钢 + 30 t 生铁时, EAF 冶炼周期 55 min, 电耗 360 kWh/t, 电极消耗 1.6 kg/t; 当炉料为 60% 废钢 + 40% 铁水时, EAF 冶炼周期 50 min, 电耗 225 kWh/t, 电极消耗 1.2 kg/t, 实现电弧炉低成本高效化运行。

**关键词** 100 t 电弧炉 Cojet 集束氧枪 应用

## Application of 100 t EAF Cojet Coherent Jet Oxygen Lances

Yang Junfeng, Lin Xuehao and Ren Bing

(No.1 Steelmaking and Rolling Plant, Anyang Iron and Steel Co Ltd, Anyang 455000)

**Abstract** At revamping for recover production of 100 t EAF at Anyang Iron and Steel Co the original wall oxygen-fuel burners is replaced by wall three Cojet coherent jet oxygen lances. After revamping and recover production of the 100 t EAF, with charging 80 t scrap + 30 t pig iron the EAF tap-to-tap time is 55 min with power consumption 360 kWh/t and electrode consumption 1.6 kg/t; and with charging 60% scrap + 40% hot metal the EAF tap-to-tap time is 50 min with power consumption 225 kWh/t and electrode consumption 1.2 kg/t to realize EAF low cost and high efficiency running.

**Material Index** 100 t EAF, Cojet Coherent Jet Oxygen Lance, Application

目前具有废钢循环利用和低排放环保优势的短流程电弧炉炼钢迎来发展机遇。安阳钢铁股份公司决定对原停产的 100 t 电弧炉进行改造复产, 在节能降耗改造方面, 引进使用了美国普莱克斯集束氧枪技术, 用 Cojet 氧枪替换原有的炉壁氧燃烧嘴, 利用该集束氧枪的优势来提高铁水装入比、加快冶炼节奏、降低生产成本, 实现电弧炉低成本、高效化运行。

### 1 集束氧枪的主要配置及功能

Cojet 集束氧枪有枪体和喷头组成, 枪体采用水冷板突出方式以一定角度固定安装在上炉壳炉壁水冷块内, 1#、3# 主氧枪与水平夹角为 50°、2# 主氧枪与水平夹角为 40°。主氧气射流方向可以调整, 调整幅度为水平方向 ±15°, 垂直方向 ±5°, 见图 1 示。

集束氧枪喷头在使用中可以把氧气、焦炉煤气传递像激光束一样的超音速射流射入到钢液中, 射流出口可以达到 2.0 马赫, 对熔池具有较高的冲击能, 其射流集束距离能够达 2.0 m 而维持它原始的直径和速度不变<sup>[1-2]</sup>。与传统的吹氧方式相比, 具有极强的穿透金属熔池的能力, 增强了氧气对钢水的搅拌强度, 对促进钢渣反应、均匀成分与温度、减少喷溅、提高氧气利用率和生产效率起到了显著作用<sup>[3]</sup>。Cojet 集束氧枪主要技术参数见表 1 示。

#### 1.1 Cojet 集束氧枪烧嘴功能

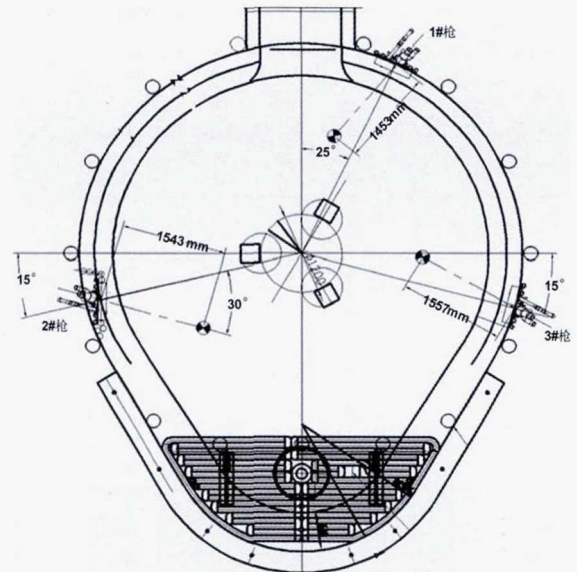


图 1 Cojet 集束氧枪安装示意图

Fig 1 Schematics of Cojet coherent jet oxygen lances layout

表 1 Cojet 集束氧枪主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of Cojet coherent jet oxygen lance

项目	参数
集束氧流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	300~3400
环氧流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	100~400
焦炉煤气流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	150~800
氧气压力/MPa	1.0~1.6
焦煤压力/MPa	0.3~0.4
马赫数	2.1

表2 Cojet 集束氧枪烧嘴模式参数

Table 2 Parameters of Cojet coherent jet oxygen lance burner mode

烧嘴模式	流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )		
	集束氧	环氧	焦炉煤气
1	250	250	300
2	400	325	350
3	750	300	350

表3 Cojet 集束氧枪吹氧模式参数

Table 3 Parameters of Cojet coherent jet oxygen lance oxygen blowing mode

氧枪模式	流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )		
	集束氧	环氧	焦炉煤气
1	2 500	180	425
2	2 800	202	476
3	3 180	229	540

Cojet 集束氧枪可作为常用的炉壁烧嘴来加热熔化废钢使用。按照预先设定模式,并依据装入的钢铁料型结构与在炉内的装入位置,在穿井和熔化期使用不同配比的氧气、焦炉煤气来加热熔化废钢和在吹氧脱碳前清除熔化集束枪前面一定熔池区域内的废钢,为后期的喷碳造泡沫渣创造好条件。

Cojet 集束氧枪烧嘴模式参数见表2。

### 1.2 Cojet 集束氧枪吹氧功能

Cojet 集束氧枪依据装入的废钢料型和不同的铁水比例,在熔化后期和升温阶段快速实现从烧嘴模式到集束氧射流的自动/手动模式转换,不同的供氧强度实现了快速脱碳升温 and 熔池形成泡沫渣的功

能要求,对快速脱磷、脱碳和降低钢水[N]起到显著作用。强大的吹氧脱碳功能能够实现90%铁水比装入冶炼操作的要求。

Cojet 集束氧枪吹氧模式参数见表3。

### 1.3 Cojet 集束氧枪喷碳功能

泡沫渣埋弧冶炼技术对缩短冶炼周期、快速脱P和保护炉衬降低耐材消耗起到至关重要的作用<sup>[4]</sup>。该集束氧枪的2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>枪基座上分别安装有喷吹碳粉枪,安装位置与主氧枪平行、略低于主氧喷口,以利于碳粉与氧气同时射到钢-渣界面。当炉内形成钢水熔池后,多功能枪利用压力0.4~0.6 MPa的压缩空气作为介质向钢-渣界面喷射碳粉,产生良好的碳-氧反应,实现最佳制造泡沫渣,减少渣中(FeO),降低电极消耗和提高炉衬寿命。

## 2 生产应用实践情况

10月份复产后,依据全废钢冶炼模式、废钢+铁水冶炼模式,结合穿井、熔化期、氧化期等不同阶段的工作任务,通过优化炉料装入结构,加强供电制度、造渣制度与吹氧制度的有机结合,集束氧枪起到了快速切割熔化废钢、泡沫渣埋弧冶炼等效果,表4为在全废钢冶炼模式下,一个完整(从加料开始到熔池废钢熔清)的冶炼周期,1<sup>#</sup>~3<sup>#</sup>集束氧枪按照累计电量消耗分步骤自动控制使用的组合实例,同时依据炉内冶炼状况也可及时手动调整某一个氧枪的供氧强度,实现最优控制。

表4 全废钢冶炼下1<sup>#</sup>~3<sup>#</sup>集束氧枪按照累计电耗分步骤组合实例

Table 4 An example of combined No1 to No3 coherent jet oxygen lance with accumulative power consumption in process step by step in all scrap steelmaking

顺序	累计电耗/(kW·h <sup>-1</sup> )	流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )											
		1 <sup>#</sup> 集束氧枪			2 <sup>#</sup> 集束氧枪			3 <sup>#</sup> 集束氧枪					
		状态	主氧	环氧	焦煤	状态	主氧	环氧	焦煤	状态	主氧	环氧	焦煤
1	100	保持	200	100	100	保持	200	100	100	保持	200	100	100
2	3 000	烧嘴模式1	250	250	300	烧嘴模式1	250	250	300	烧嘴模式1	250	250	300
3	5 000	烧嘴模式2	400	325	350	烧嘴模式2	400	325	350	烧嘴模式2	400	325	350
4	8 000	烧嘴模式3	750	300	350	烧嘴模式3	750	300	350	烧嘴模式3	750	300	350
5	9 000	保持	200	100	100	氧枪模式2	2 800	202	476	氧枪模式2	2800	202	476
6	10 000	氧枪模式2	2 800	202	476	保持	200	100	100	氧枪模式2	2 800	202	476
7	12 000	氧枪模式2	2 800	202	476	氧枪模式2	2 800	202	476	保持	200	100	100
8	15 000	保持	200	100	100	氧枪模式2	2 800	202	476	氧枪模式2	2 800	202	476
9	>15 000	保持	200	100	100	保持	200	100	100	保持	200	100	100

注:保持状态为集束氧枪的最小流量模式,以保持一个正压状态,防止装料、喷补炉壁时,渣-钢等异物堵塞氧枪枪头。

通过对一个炉役期使用的摸索,一是完善了不同炉料装入结构时的氧、燃配比模式,以配方的形式对应不同的炉料结构。二是结合不同的冶炼阶段要求,快速实现了人为干预操作某一支氧枪的流量调节控制,如:可单独加大1<sup>#</sup>枪的流量,加速熔化炉门

附近的“冷料”;单独加大2<sup>#</sup>枪的流量,实现偏心区“冷料”的快速加热融化,防止后期出钢时废钢未熔清“挂料”存在;喷碳吹氧时可重点使用3<sup>#</sup>枪,利于炉门放渣操作。表5和表6数据为第1个炉役期内全废钢冶炼1炉钢种Q345D的最好冶炼经济技术

表 5 Q345D 钢出钢 EAF 终点成分控制 / %

Table 5 EAF end composition control of steel Q345D / %				
C	Si	Mn	P	S
0.01	0.006	0.078	0.011	0.056

表 6 Q345D 钢 100 t EAF 冶炼经济技术指标

Table 6 Economical and technical index of 100 t EAF steel Q345D steelmaking

项目	参数
装入量 /t	110(其中生铁 30 t)
冶炼周期 /min	55
通电时间 /min	45
电耗 / (kWh · t <sup>-1</sup> )	360
氧耗 / (m <sup>3</sup> · t <sup>-1</sup> )	45
电极消耗 / (kg · t <sup>-1</sup> )	1.6(炉役期平均值)
焦煤消耗 / (m <sup>3</sup> · t <sup>-1</sup> )	20
喷碳量 / (kg · t <sup>-1</sup> )	13
出钢量 /t	105
出钢温度 /℃	1 615

指标。

### 3 存在问题及努力方向

(1) 电弧炉改造复产后, 由于铁水供应不足, 不同废钢 + 铁水比例生产模式需要在下一步生产中继续优化集束氧枪操作工艺与炉底吹模式的研究配合, 摸索出最佳的使用方法, 实现初步设计中炉料结构为 60% 废钢 + 40% 铁水时冶炼周期 50 min、吨钢电耗 225 kWh、吨钢电极消耗 1.2 kg 的最佳目标。

(2) 随供氧强度的增大, 在大幅缩短冶炼周期

的同时, 钢水终点碳控制偏低, 存在钢水“过氧化”质量问题, 增加了精炼工序的冶炼负担。

(3) 集束氧枪在炉壁上的安装位置未能有效解决熔池偏心区“堆冷料”的问题, 在升温阶段存在“塌料”事故, 需要进一步优化集束氧枪在炉壁上的安装位置和优化操作来解决。

### 4 结语

电弧炉采用多功能炉壁集束氧枪, 具有吹氧助熔、加速钢-渣界面反应和快速脱碳造泡沫渣等强大功能, 应用该技术是实现超高功率电弧炉先进经济技术指标的重要保证措施。对存在的问题需要进一步进行优化, 充分发挥集束氧枪的工作效能。

### 参考文献

[1] 李士琦. 现代电弧炉炼钢[M]. 北京: 原子能出版社, 1995.  
 [2] 李传薪. 钢铁厂设计原理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994: 74.  
 [3] 庞洪亮. 90 吨超高功率电弧炉炉壁碳氧枪改造[J]. 黑龙江冶金, 2006(2): 23-25.  
 [4] 肖连华, 崔宝民, 戴 栋, 等. 电弧炉泡沫渣埋弧冶炼的实践与探讨[J]. 炼钢, 2000(5): 47-50.

杨俊锋(1976-), 男, 高级工程师, 1998 年北京科技大学(本科)毕业, 炼钢连铸工艺研究。

E-mail: yangboya20030619@sina.com

收稿日期: 2017-12-05

## 下 期 要 目

VOD + LF 精炼的工艺流程 304 不锈钢夹杂物的演变 .....	王传东等
喷吹氧化铝粉冶炼含钼铁水的试验研究 .....	张永亮等
冷装与热装加热对 GCr15 轴承钢晶粒度影响的热模拟试验 .....	刘亚丽等
LF 喂 Ca 线改善易切削钢 Y1Cr13 硫化物形貌的工艺实践 .....	张孟昀等
SWRH82B 钢 Φ14 ~ 15 mm 盘条的生产实践 .....	刘立德等
100 t EAF-LF-VD-圆坯连铸流程生产石油钻铤用钢 AISI4145HM 的工艺实践 .....	刘 鹏
汽车板深冲用 DC06 IF 钢 230 mm 铸坯夹杂物分布研究 .....	刘俊山等
250 mm 铸坯红送工艺生产 Nb-V-Ti 微合金钢板表面裂纹分析 .....	曹 磊等
析出相对塑料模具钢 LJ338ESR 腐蚀性能的影响 .....	柯明鹏等