

## 92 t EAF-LF 冶炼 20G 钢液的氮含量控制

王海兵

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司, 成都 610069)

**摘要** 攀成钢公司采用 92 t EBT(偏心底)UHP EAF-LF(钢包炉)工艺冶炼成分(%)为 0.17 ~ 0.23C-≤ 0.15Mo 的高压锅炉钢 20G。操作实践表明,在 EAF(电弧炉)炉料中配加 35% 的生铁,并通过添加 3 ~ 10 mm 的碳粒和强化供氧,形成 500 ~ 750 mm 的泡沫渣,以利去除钢液中的部分氮,使 EAF 出钢时钢中氮含量平均达到  $45 \times 10^{-6}$ 。LF 精炼时采用大渣量埋弧操作,氩气弱搅拌和缩短加热时间,以便控制精炼时钢液增氮量不超过  $10 \times 10^{-6}$ ,并使 LF 精炼后钢中氮含量达  $(60 \sim 66) \times 10^{-6}$ ,有效地防止钢材产生时效脆性。

**关键词** 电弧炉 钢包炉 氮含量控制

## Control of Nitrogen Content in Molten Steel 20G Melted by a 92 t EAF - LF Process

Wang Haibing

(Chengdu Iron and Steel Co Ltd, Pan Steel Group, Chengdu 610069)

**Abstract** The 0.17 ~ 0.23C-≤0.15Mo steel 20G for high pressure boiler is melted by a 92 t UHP EBT EAF-LF process at Chengdu Iron and Steel, Pan Steel Group. The operation practice showed that 35% pig iron in charge for arc furnace, adding 3 ~ 10 mm carbon particle and strengthening supply oxygen to form 500 ~ 750 mm foaming slag were available to remove partial nitrogen in molten steel, as a consequence the average nitrogen in steel came to  $45 \times 10^{-6}$  at arc furnace tapping. During LF refining, the operation of large amount slag embedding arc, weak argon stirring and cutting-down heating time was adopted to control the increment of nitrogen in steel no more than  $10 \times 10^{-6}$  in refining period. The nitrogen content in steel after refining in LF was  $(60 \sim 66) \times 10^{-6}$ , that was efficiently to prevent aged brittleness of steel products.

**Material Index** Electric Arc Furnace, Ladle Furnace, Control of Nitrogen Content

电炉钢的氮含量  $(80 \sim 120) \times 10^{-6}$  比氧气顶吹转炉钢的氮含量  $(20 \sim 40) \times 10^{-6}$  要高得多,当氮含量高时,会显著降低钢的延展性和塑性。因此,这样高的氮含量势必影响电弧炉对一些高附加值品种钢的生产,特别是对氮含量有严格要求的钢种。

攀钢集团成都钢铁有限责任公司(以下简称攀成钢)对 92 t 电弧炉/LF 工艺流程中高压锅炉钢 20G 钢液氮含量变化规律以及影响氮含量的因素进行了研究。此钢用在高温、高压下,钢中氮含量按  $80 \times 10^{-6}$  以下控制,防止产生时效脆性。

### 1 电弧炉冶炼时钢中氮含量的变化

攀成钢 92 t 超高功率电弧炉(表 1)采用留钢留渣、泡沫渣、偏心炉底出钢操作工艺,留钢量为 15 ~ 20 t。冶炼高压锅炉钢 20G(表 2)时钢铁料为废钢和生铁(约占总炉料的 35%)。石灰、氧化铁皮等装入料篮随钢铁料进炉,也可根据实际需要经炉顶第 5 孔入炉。通电一段时间后,吹氧助熔,

表 1 92 t 电弧炉的主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of a 92 t electric arc furnace

炉壳直径/mm	6 800
额定出钢量/t	92
留钢量/t	15 ~ 20
电极直径/mm	558
电极节圆直径/mm	1 250
变压器额定功率/MVA	54/56
出钢倾角/°	15 ~ 25
最大出渣倾角/°	10
冶炼电耗/kWh·t <sup>-1</sup>	480 ~ 490
出钢至出钢时间/min	60 ~ 80
出钢量/t	85

表 2 20G 钢化学成分要求/%

Table 2 Requirement for chemical composition of steel 20G /%

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo
0.17 ~ 0.23	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	≤ 0.030	≤ 0.030	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.20	≤ 0.15

熔氧结合,促进熔池快速升温,视钢液中磷含量情

况可流放初期渣去磷。强化供氧,随即经炉顶第五孔加入适量 3~10 mm 的碳粒,造泡沫渣埋弧操作,必要时可加石灰石促进炉渣发泡。采用 EBT 出钢方式,整流出钢。随钢流加入脱氧剂、铁合金、增碳剂等原材料。

### 1.1 泡沫渣对氮含量的影响

钢液中的氮来源于大气中的氮和原材料中的氮。电弧炉冶炼时,电弧的阴极和阳极轮流处在石墨电极和金属上。对于金属钢液,阴极温度为 2 400 K,阳极温度为 2 600 K<sup>[1]</sup>。因此,电弧作用于弧区这部分钢液,温度较高,因而吸氮量增加。

电弧区的钢液暴露在大气中,当降低气氛中氮气分压力时,有利于去除钢中的氮。

92 t 电弧炉炼钢时,炉料中配加 35% 的生铁,炉料中的碳含量高。吹氧助熔,用氧早,而且炉料熔清后,又强化用氧,钢液中的碳很快扩散到反应界面,脱碳反应不断产生的气体,有利于形成良好的泡沫渣,高度达 500~750 mm,把大气与电弧隔离,一直持续到出钢时,脱氮条件良好。因此,出钢时钢液中的氮含量平均可以达到  $45 \times 10^{-6}$  (表 3)。当炉渣的泡沫性差或泡沫渣持续时间短时,电弧炉出钢时钢液的氮含量达到  $(75 \sim 90) \times 10^{-6}$ 。

表 3 EAF-LF 冶炼时 20G 钢液的氮含量变化/ $10^{-6}$   
Table 3 Change of nitrogen content in molten steel 20G during melting in EAF-LF/ $10^{-6}$

项目	EAF 熔清	EAF 出钢	LF 前	LF 后
范围	44~52	35~56	50~55	60~66
平均	47	45	52	62

### 1.2 出钢过程中的增氮

92 t 电弧炉炼钢采用 EBT 出钢的方法,整流快速出钢,并加入增碳剂、脱氧剂、铁合金、复合精炼渣料等材料,出钢时间短,出完钢后至精炼工位约 10 min,电弧炉出钢过程中,钢水直接与大气接触,而此时钢液中的氮含量相对较低,钢液的吸氮驱动力大增,加入钢包中的原材料又带入一定量的氮。此过程钢液吸氮约  $7 \times 10^{-6}$ 。

## 2 LF 精炼时钢液的吸氮

钢包钢水进入 LF 工位进行全程底吹氩气搅拌,加入电石和 CaSi 粉并喂 Al 线强化脱氧,合金成分微调、喂 Si-Ca 线对钢液进行钙处理等工艺过程。LF 为直流电弧加热,主要技术参数见表 4。

LF 精炼时,电弧加热形成的弧坑,而电弧作

表 4 DC LF(钢包炉)主要技术参数

Table 4 Main technical parameters of DC ladle furnace

变压器额定功率/kVA	12 500
电极直径/mm	300
升温速度/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$	1.5(二次电压 290 V)

注:钢包炉采用双底吹透气砖

用的局部钢液温度较高,又是铝脱氧钢液,钢液最易吸氮。长时间加热,经氩气搅拌,加快了氮的传质,又对钢液进行钙处理翻腾吸气。因此,在精炼过程中,钢液具有较强的吸氮趋势,约增加  $10 \times 10^{-6}$  (表 3)。92 t LF 在生产实际操作中引起增氮的因素:(1) LF 精炼时的熔渣泡沫性差,埋弧性差,电弧区的钢液暴露在大气下,且电弧区的钢液的温度较高,钢液很易吸氮;(2) LF 精炼平均升温速度为  $1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,加热的时间较长(精炼时间约 60 min),电弧区的钢液长时间暴露在大气中;(3) 大功率吹氩搅拌和喂入 Si-Ca 线,铝脱氧钢液翻腾吸气而吸氮;(4) 加入的原材料带入一定量的氮。

吹入的氩气形成氩气泡,气泡的适宜直径为  $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ <sup>[2]</sup>,小气泡在钢液里高度分散,停留时间越长,去气的效果越好。如大流量氩气吹入钢液,氩气变为射流,停留时间短,不利于去氮,反而易吹开渣面吸氮。因此,在 LF 内,需缩短加热时间,采取大渣量埋弧操作及氩气弱搅拌等措施减少钢液吸氮量。

## 3 结论

(1) 攀成钢 92 t 电弧炉炉料中配加 35% 生铁,再通过添加碳粒和强化用氧形成良好的泡沫渣,有利于去除钢液中的氮,电弧炉出钢时钢液中氮含量平均可以达到  $45 \times 10^{-6}$ 。

(2) LF 钢液易吸氮,吸氮量约  $10 \times 10^{-6}$ 。

(3) 控制好 LF 的氩气流量,防止钢液裸露,缩短加热时间,可以减少钢液的吸氮量。

### 参考文献

- 1 马廷温. 电炉钢工艺技术与节能降耗. 北京:石油工业出版社, 1993, 44
- 2 Vassilios S Gotsis, George N Angelopoulos and Demetrios C. Papanantellos. Special Porous Plugs for the Production of Super Clean Steels. Steel Research. May/June, 2001, 72(5/6): 208

王海兵(1965-),男,工程师,1987年重庆大学冶金系毕业,从事炼钢技术工作。

收稿日期:2005-06-24