

## 减少45 t AOD 奥氏体不锈钢精炼过程喷溅的工艺优化

谭建兴 刘睿智 姚吕金

(太钢不锈钢股份有限公司炼钢一厂,太原 030003)

**摘要** 太钢45 t AOD在2004年改造后,由于AOD炉容比减小,造成新炉壳前期钢水喷溅严重,导致大量的金属和合金的损失。通过脱碳初期,在保证基本碱度的前提下,将石灰加入量由原20%降至10%,加石灰次数由原5次增至8次,脱碳后期原氮(氩)和氧气流量由原2 040 m<sup>3</sup>/h和1 020 m<sup>3</sup>/h降低至1 800 m<sup>3</sup>/h和1 000 m<sup>3</sup>/h等工艺措施,使AOD精炼过程的喷溅显著降低,硅铁消耗量降低0.6 kg/t,金属收得率由96.7%提高到98.4%,精炼时间缩短3 min。

**关键词** 45 t AOD 奥氏体不锈钢 精炼过程喷溅 工艺改进 金属收得率

### Process Optimization for Decreasing Spitting in 45 t AOD Refining Process of Austenite Stainless Steel

Tan Jianxing, Liu Ruizhi and Yao Lujin

(No.1 Steelmaking Works, Taiyuan Iron and Steel Co Ltd, Taiyuan 030003)

**Abstract** After revamping 45 t AOD unit at TiSCO in 2004, due to decreasing of AOD furnace volume ratio with new furnace shell the steel spitting is serious in earlier refining period led to larger loss of metal and alloy. With the measures including in earlier decarburization period at prerequisite to insure basic basicity of slag, the amount of lime decreases from original 20% to 10% and the adding times of lime increases from original 5 times to 8 times, and in decarburization later period the nitrogen (argon) and oxygen flow rate decrease respectively from original 2 040 m<sup>3</sup>/h and 1 020 m<sup>3</sup>/h to 1 800 m<sup>3</sup>/h and 1 000 m<sup>3</sup>/h, the spitting in AOD refining process decreases obviously, the consumption of ferrosilicon decreases by 0.6 kg/t, the yield of metal increases from 96.7% to 98.4% and the refining time reduces by 3 min.

**Material Index** 45 t AOD, Austenite Stainless Steel, Spitting in Refining Process, Process Improvement, Yield of Metal

太钢炼钢一厂于1973年对氩氧炉精炼进行研究试验,先后在3 t、6 t AOD进行试生产,于1983年建成中国第1台18 t AOD并投入生产,并在1999年和2004年先后两次对AOD进行改造、扩容至45 t<sup>[1]</sup>。经过30余年的实践,积累了丰富的经验,创造了巨大的经济效益。2004年与奥钢联合作进行技术改造后,实现了AOD智能炼钢,但是受自身条件限制AOD炉容比减小,造成新炉壳前期钢水喷溅严重<sup>[2]</sup>。

#### 1 造成喷溅的主要原因分析

太钢炼钢一厂AOD喷溅不同于一般转炉喷溅,一般转炉喷溅中,渣中氧化铁含量的影响十分广泛、复杂,且起主导地位<sup>[3]</sup>,而太钢炼钢一厂AOD喷溅主要是由于自身炉容比较小造成。经过分析认为,新炉壳前期炉壳容积相对较小,而氧化前期铬的氧化形成大量的氧化渣,铬的氧化渣与加入的造渣材料(石灰、轻烧镁球)形成较厚的渣层覆盖在钢液表面。厚的炉渣在容积较小的新炉壳中流动性不好,

不利于气体的扩散,不仅影响脱碳反应的正常进行,而且炉渣在吹炼气体的搅拌下发生大量喷溅,使得铬氧化渣及部分钢水大量喷出炉口,导致大量的金属和合金的损失,同时由于喷溅造成炉口堵塞,炉口变小直接影响顶枪的旋转及小车的正常加料。因此,减少喷溅对降低生产成本、保证生产的正常进行具有重大的意义。

#### 2 改进实践

为了减少喷溅可采取减少新炉壳兑钢量,降低供气强度、减少氧化期造渣材料的加入总量等措施,但采取以上措施将延长AOD冶炼时间、钢水量的减少将影响连浇节奏及生产效率的提高、造渣材料的减少将会影响AOD的碱度最终影响到AOD的炉龄<sup>[4]</sup>。022Cr19Ni10奥氏体不锈钢(表1)试验方案的原则是在不改变AOD炉渣碱度的前提下,调整造渣材料的加入顺序,减少顶枪期间石灰的加入量,适当减少氧化前期的渣量,同时对吹炼的气体比例以及吹炼过程各步金属料的加入进行优化调整,控制过程温度、降低喷溅,具体方案如下:

表 1 022Cr19Ni10 奥氏体不锈钢的化学成分 / %

Table 1 Chemical composition of austenite stainless steel 022Cr19Ni10 / %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
≤ 0.03	0.35 ~ 0.55	1.5 ~ 1.7	≤ 0.040	≤ 0.005	18.00 ~ 18.25	8.00 ~ 8.10	0.030 ~ 0.060

(1) 开吹后待在线计算温度达到 1 600 ℃ 时, 加入 10% 的石灰、50% 轻烧镁球, 保证氧化前期的基本碱度, 达到对炉衬的保护;

(2) 调整 AOD 顶枪期间石灰、轻烧镁球的加入量, 将原正常工艺计算加入总渣料的 60%, 全部调整到氧化后期加入(表 2 ~ 4), AOD 冶炼过程中石灰的最佳加入方式是分批加入, 减少渣层覆盖对脱碳的影响, 前期温度考虑用金属冷料进行调控, 超低碳钢种应杜绝在前 5 步完成全部石灰的加入, 应考虑在取氧化终点样前进行分批加入, 非超低碳钢种

可以考虑在还原期预留 400 ~ 500 kg 进行加入, 目的是避免脱碳过程渣层过厚, 影响 CO 析出, 降低了氧气利用率, 进而带来的过氧化、Si 消耗的增加以及还原 S 高和对炉壳耐火材料的侵蚀加剧等连锁反应;

(3) 氧化第 4 步可根据温度情况, 调整少量石灰防止过程温度过高, 具体加料原则如表 3 所示;

(4) 对吹炼脱碳后期底枪气体流量比例进行了调整, 新炉壳炉膛较小, 供气强度相对较大, 是造成喷溅的一个重要因素, 从第 4 步开始, 对底枪气体比例进行调整, 氮气(或氩气)流量调整为 1 800 m<sup>3</sup>/h, 氧气流量根据温度按比例减少(表 5), 达到减少过程喷溅的目的<sup>[5]</sup>;

(5) 摇炉前停吹 1 min, 避免在摇炉时(炉体正处于倾斜状态)流量、压力发生突然改变而造成较

表 2 优化前 45 t AOD 精炼各阶段物料加入分配标准 / %

Table 2 Distribution of material addition percentage in each period of 45 t AOD refining process before optimization / %

物料分类	物料名	脱碳期							还原期		成分调整期 Adj
		DEC1	DEC2	DEC3	DEC4	DEC5	DEC6	DEC7	RED1	RED2	
Dolo	轻烧镁球	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-
FeCrHC	高碳铬铁	-	60	40	-	-	-	-	-	-	-
FeCrLC	低碳铬铁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
FeMnHC	高碳锰铁	-	50	50	-	-	-	-	-	-	-
FeMnLC	低碳锰铁	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
FeMo	钼铁	-	30	30	20	20	-	-	-	-	-
FeNiHC	高碳镍铁	-	-	60	40	-	-	-	-	-	-
FeNiLC	低碳镍铁	-	20	20	20	20	10	10	-	-	-
FeSi	硅铁	-	-	-	-	-	-	-	70	30	-
Lime	石灰	20	20	25	25	10	-	-	-	-	-
NiElec	纯镍	-	-	-	-	-	-	-	50	50	-
Scrap	废钢	-	20	20	20	20	10	10	-	-	-
CaF <sub>2</sub>	萤石	-	-	-	-	-	-	-	70	30	-
SintNi	烧结镍	-	30	50	30	-	-	-	-	-	-

表 3 优化后 45 t AOD 精炼各阶段物料加入分配标准 / %

Table 3 Distribution of material addition percentage in each period of 45 t AOD refining process after optimization / %

物料分类	物料名	脱碳期							还原期		成分调整期 Adj
		DEC1	DEC2	DEC3	DEC4	DEC5	DEC6	DEC7	RED1	RED2	
Dolo	轻烧镁球	-	50	50	-	-	-	-	-	-	-
FeCrHC	高碳铬铁	-	60	40	-	-	-	-	-	-	-
FeCrLC	低碳铬铁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
FeMnHC	高碳锰铁	-	50	50	-	-	-	-	-	-	-
FeMnLC	低碳锰铁	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
FeMo	钼铁	-	30	30	20	20	-	-	-	-	-
FeNiHC	高碳镍铁	-	-	60	40	-	-	-	-	-	-
FeNiLC	低碳镍铁	-	20	20	20	20	10	10	-	-	-
FeSi	硅铁	-	-	-	-	-	-	-	70	30	-
Lime	石灰	10	20	10	20	10	10	10	10	-	-
NiElec	纯镍	-	-	-	-	-	-	-	50	50	-
Scrap	废钢	-	20	20	20	20	10	10	-	-	-
CaF <sub>2</sub>	萤石	-	-	-	-	-	-	-	70	30	-
SintNi	烧结镍	-	30	50	30	-	-	-	-	-	-

表4 优化前后45 t AOD精炼各阶段石灰和轻烧镁球加入量/kg

Table 4 Adding amounts of lime and calcined dolomite in 45 t AOD refining process before and after optimization /kg

精炼阶段		石灰加入量		轻烧镁球加入量	
		优化前	优化后	优化前	优化后
脱碳期	DEC1	1 000	500	250	-
	DEC2	1 000	1 000	250	250
	DEC3	1 250	500	-	250
	DEC4	1 250	1 000	-	-
	DEC5	500	500	-	-
	DEC6	-	500	-	-
	DEC7	-	500	-	-
还原期	RED1	-	500	-	-
	RED2	-	-	-	-
成分调整期	Adj	-	-	-	-

表5 优化前后45 t AOD精炼脱碳后期底枪流量

Table 5 Bottom gas flow rate in 45 t AOD refining decarburization later period before and after optimization

精炼脱碳期	优化前气体流量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )		优化后气体流量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	
	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
DEC4	2 040	1 020	1 800	1 000
DEC5	2 160	780	1 800	780
DEC6	2 160	540	1 800	540
DEC7	2 100	420	1 800	420

表6 优化前后45 t AOD还原渣组成和碱度

Table 6 Ingredient and basicity of reducing slag for 45 t AOD before and after optimization

工艺	还原渣组成/%								碱度 (R)
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	MnO	
优化前	30.50	1.07	58.08	7.60	0.18	0.10	0.01	0.30	1.90
优化后	30.28	1.34	58.22	7.53	0.16	0.20	0.01	0.31	1.92

大的喷溅。

### 3 改进试验效果

对本次试验的前10次炉龄(优化前)与随机选取的正常新炉壳前10次炉龄(优化后)的304系钢种还原渣组成和碱度(表6)以及平均冶炼时间、

表7 优化前后45 t AOD精炼指标对比

Table 6 Comparison of 45 t AOD refining indexes between before and after optimization

工艺(炉数)	精炼时间/ min	Si铁消耗量/ (kg·t <sup>-1</sup> )	金属收得率/ %
优化前(10炉)	77	17.18	96.7
优化后(10炉)	74	16.58	98.4
比较	-3	-0.6	1.7

Si铁消耗量和金属收得率(表7)进行了比较。

从表6、表7中可以看出,该工艺的实施在不影响还原碱度的前提下取得了显著的效果,喷溅现象明显减少,工艺优化后新炉壳前10炉与优化前新炉壳前10炉相比较,硅铁消耗量降低0.6 kg/t,金属收得率提高1.7个百分点,精炼时间缩短3 min。

### 4 结论

由于冶炼前期造渣材料的减少使得AOD前期快速升温,AOD精炼过程的喷溅显著降低,铬的氧化减少,金属收得率得以提高。同时用于还原铬的硅铁减少,从而使得石灰量减少,各项消耗指标均有所降低,取得了明显的经济效益。

### 参考文献

- [1] 郭家祺,刘明生. AOD精炼不锈钢工艺发展[J]. 炼钢,2002,18(2):55-56.
- [2] 尹 魁,王贵平. 太钢AOD精炼技术的发展[J]. 太钢科技,2002(4):22-23.
- [3] 唐恒国,闫小平,段永卿. 转炉溅渣护炉工艺探讨与应用[J]. 炼钢,2000,16(4):42-45.
- [4] 王贵平,范红军. 提高45 t AOD炉龄的工艺实践[J]. 特殊钢,2006,27(2):56-57.
- [5] 舒杰辉,魏季和,池和冰,等. 不锈钢AOD精炼过程数学模拟进展[J]. 炼钢,2004,20(3):53-56.

谭建兴(1985-),男,2008年东北大学(本科)毕业,不锈钢精炼技术、质量管理。E-mail:tanjx@tisco.com.cn

收稿日期:2017-06-15

## 下 期 要 目

100 t RH顶吹氧去除真空室内壁冷钢的数值模拟和应用	刘金刚等
300 t顶底复吹转炉氧枪枪位的水模型研究和应用	闫心怡等
220 mm×1 600 mm板坯连铸浸入式水口倾角优化的数值模拟和应用	宁林新等
高牌号3.28% Si钢冷轧板边裂机理分析和工艺改进	董亚军等
VIM-ESR-VAR三联冶炼工艺对9Cr18Mo轴承钢洁净度的影响	何曲波等
低钛高炉渣应用于HRB400E螺纹钢100 t LF精炼的工业试验	王宝华等
降低脱磷铁水-60 t AOD-LF-150 mm×150 mm CCM冶炼0Cr13钢全氧含量的生产实践	冯文甫等
高强度冷轧汽车用钢1500MS连铸板坯的高温力学性能	邓建军等