

## LF冶炼工艺与氧含量的关系

王建景, 李猛, 梁建国, 李文忠, 张海霞

(莱芜钢铁股份有限公司 特殊钢厂, 山东 莱芜 271105)

摘要: 通过对精炼炉渣成分、钢中 $Al_2O_3$ 含量以及精炼各期吹氩制度的有效控制, 莱钢50t钢包精炼炉平均氧含量达到了 $18.1 \times 10^{-6}$ , 达到了国外纯净钢标准水平。

关键词: 钢包精炼炉; 渣系; 吹氩制度; 酸溶铝

中图分类号: TF769.2 文献标识码: B

## Relationship of Ladle Furnace Smelting Process with Oxygen Content

WANG Jian-jing, LI Meng, LIANG Jian-guo, LI Wen-zhong, ZHANG Hai-xia

(The Special Steel Plant of Laiwu Iron and Steel Group Co. Ltd., Laiwu 271105, China)

Abstract: By controlling refining slag composition, acid-soluble aluminium content in steel and argon blowing system during period of refining effectively, the average oxygen content of 50 ton ladle furnace of Laigang is only  $18.1 \times 10^{-6}$ , reaches to standard of pure steel abroad.

Keywords: ladle furnace; slag system; argon blowing system; acid-soluble aluminum

## 1 前言

钢中氧含量多少是评价钢质量的重要指标之一, 直接决定钢中氧化物夹杂的多少, 并影响其大小、形状和分布状态。钢包炉精炼法是日本大同制钢公司于1971年开发的一种二次精炼技术, 由电弧加热、吹氩搅拌、碱性白渣精炼等几项成熟技术组合而成, 可使钢中的氧含量大幅度降低, 从而生产出高洁净度钢。

## 2 LF脱氧工艺

钢中溶解氧和脱氧产物中的氧总和叫全氧, 其主要来源可以概括为: 电炉氧化渣带入; 耐火材料侵蚀带入; 吹氧生成的氧化物; 脱氧产物来不及上浮。相对应的脱氧方法主要有沉淀脱氧和扩散脱氧两种。沉淀脱氧是直接向钢液中加入还原性较强的元素进行脱氧, 特点是脱氧速度快, 效率高, 成本低, 但是脱氧产物容易污染钢水。扩散脱氧是钢液中氧通过钢—渣界面逐渐扩散至渣中的一种脱氧方式, 特点是脱氧产物不污染钢水、脱氧较彻底, 但是脱氧速度较慢。LF脱氧综合采用了这两种脱氧方法, 结合了两种脱氧方法的优点, 具有脱氧速度快、脱氧产物不污染钢水, 脱氧较彻底的特点。

## 2.1 LF顶渣工艺与氧含量的关系

“顶渣”就是尽量不让氧化渣进入LF钢包中去。电炉氧化渣中含有10%~30%的氧化铁, 如果氧化渣大量

进入钢包，便会向已脱氧的钢液源源不断地供氧，造成大量合金元素氧化，降低合金元素的收得率，增加钢中全氧含量。莱芜钢铁股份有限公司特殊钢厂（简称莱钢特钢厂）采取偏心炉底出钢方式，可以完全杜绝氧化渣进入钢包，从而大大降低钢中全氧含量，利于LF造碱性白渣。

## 2.2 精炼渣系对氧含量的影响

精炼渣系不仅有脱氧的要求，而且还有脱硫、吸附夹杂物以及埋弧造渣的要求。对降低氧含量而言，提高炉渣碱度，可使钢中平衡氧降低，而且可以提高硫在渣钢中的分配比，即利于脱氧和脱硫。高碱度炉渣应该首选渣系，但是精炼渣的碱度也不能过大，如果碱度过大，例如大于5.0时，精炼渣熔点变高，成渣慢，也会影响脱氧和脱硫效果。因此，不宜采用高碱度精炼渣。实践表明，精炼渣碱度控制在2.5~3.0之间，炉渣既有良好的脱氧脱硫能力，又有良好的吸附夹杂的能力，而且埋弧效果很好。莱钢特钢厂采用CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-MgO渣系，碱度控制在2.5~3.0之间，收到了良好的效果。渣系成分见表1。

表1 精炼渣系的化学成分 %

CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaF <sub>2</sub>
50~55	16~20	6~9	7~8	5~8

## 2.3 钢包吹氩对氧含量的影响

氩气搅拌的作用一是可以去除钢中的溶解氧，二是可以对脱氧产物起到浮选的作用，夹杂物被气泡俘获的概率等于夹杂物与气泡碰撞的概率和碰撞发生后夹杂物吸附于气泡上的概率的乘积。

国外一项研究表明，当固体颗粒与溶液的接触角大于90°时，几乎所有到达气泡表面的颗粒都能粘附在气泡上，而与接触角大小无关。当接触角小于90°时，粘附率随接触角减少而锐减。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>与SiO<sub>2</sub>和钢液的接触角分别为144°和115°，表明它们不被钢液润湿。因此，很容易粘附在钢中的气泡上。所以钢中夹杂物的去除效率主要决定于它们与气泡的碰撞概率，且大颗粒夹杂与气泡碰撞的概率远大于小颗粒与气泡的碰撞概率。

另外，夹杂物被气泡俘获的概率还决定于吹入钢液中的气泡数量和尺寸。采用低强度吹氩（即软吹氩）并适当延长吹氩时间有利于夹杂物的去除，或采用多个吹气元件同时吹氩，可在有限的净化吹氩时间内向钢液吹入更多小气泡。莱钢特钢厂采用狭缝式吹氩元件，出钢前软吹氩5min以上，取得了不错的效果，所生产的齿轮钢总氧含量控制在 $0.20 \times 10^{-4}$ 以下。

LF冶炼过程全程吹氩，氩气从钢水中逸出后会覆盖在钢液面上，形成保护气氛，防止钢液二次氧化，从而降低钢水中的氧含量。

## 2.4 耐材的选用与氧含量的关系

钢中的氧含量有一部分是耐材的侵蚀进入到钢液，所以要求耐材有较好的耐急冷急热性。LF一般为间歇性操作，温度波动大。全程吹氩对炉衬有强烈的冲刷作用，因此要求耐火材料有较高的高温强度。基于以上要求，莱钢特钢厂选用了性能较好的Mg-C砖砌筑钢包。

## 2.5 钢中酸溶铝含量对氧含量的影响

钢中Al<sub>S</sub>含量对氧含量有着较大的影响（见图1）。由图1可以看出，当Al<sub>S</sub>含量控制在0.015%时，随着钢

中 $Al_5$ 含量的增加，钢中氧含量减少不明显；而当 $Al_5$ 含量控制在0.030%时，随着钢中 $Al_5$ 含量的增加，钢中氧含量基本没有变化；而当钢中铝含量超过0.030%时，钢中的铝很容易与渣中氧结合，也会还原渣中的 $SiO_2$ 和 $MnO$ 等化合物，使钢液中聚集的 $Al_2O_3$ 增加。过高的铝还会大大增加钢液在浇注时的二次氧化，产生停留在成品中的 $Al_2O_3$ 夹杂，因此，残铝量控制在0.015%~0.030%之间较为适宜。莱钢特钢厂采用钢包喂线技术，通过向钢包内喂入一定数量的Al线（0.40~0.60kg/t钢），使钢中 $Al_5$ 含量控制在0.015%~0.030%之间，收到了良好的效果。

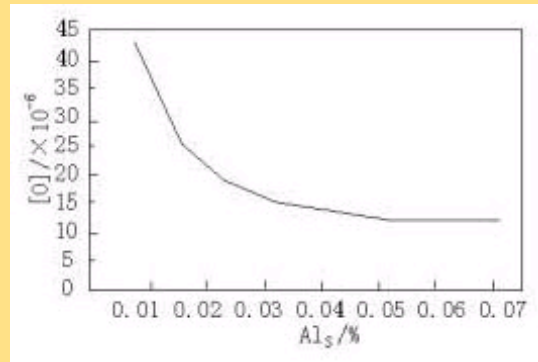


图1 钢中 $Al_5$ 含量与氧含量的关系

### 3 结论

3.1 莱钢特钢厂采用偏心炉底出钢方式，杜绝了氧化渣进入钢包，降低了钢中全氧含量，并有利于LF造碱性白渣。

3.2 选用 $CaO-Al_2O_3-SiO_2-MgO$ 渣系，碱度控制在2.5~3.0之间，保证了炉渣既有良好的脱氧脱硫能力，又有良好的吸附夹杂的能力，而且埋弧效果良好。

3.3 LF冶炼过程全程吹氩保护，有效地降低了钢中全氧的含量。

3.4 通过对精炼炉渣成分、钢中 $Al_5$ 含量及精炼各期吹氩制度的有效控制，莱钢特钢厂生产的钢中氧含量平均达到了 $18.1 \times 10^{-6}$ ，满足了技术要求。

---

[返回上页](#)