

Fe-Al-Mg 脱氧剂对 SS400 钢板材纯净度和性能的影响

张祥艳¹ 李晶¹ 白连臣² 陈礼彬²

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院, 北京 100083; 2 唐山钢铁集团公司, 唐山 063016)

摘要 在 150 t 转炉-出钢脱氧合金化-钢包底吹氩-LF 精炼-72.0~92.5 mm 板坯连铸-2.75~5.50 mm 带材连轧工艺生产中, 试验了在转炉出钢时使用 Fe-Al-Mg(2.5% Mg, 60% Al) 脱氧剂对含 0.17~0.22C 的 SS400 钢薄板坯纯净度和力学性能的影响。结果表明, 用 Fe-Al-Mg 复合脱氧剂所生产的板材中的夹杂物数量(硅酸盐夹杂 0.5 级)和尺寸较用 Fe-Al 脱氧剂生产的板材中夹杂物数量(硅酸盐夹杂 3.0 级)和尺寸大幅度降低; 前者抗拉强度较后者提高 10~20 MPa。

关键词 150 t 转炉 SS400 钢 薄板连铸 Fe-Al-Mg 脱氧剂 纯净度 机械性能

Effect of Fe-Al-Mg Deoxidizer on Cleanliness and Mechanical Properties of SS400 Steel Sheet

Zhang Xiangyan¹, Li Jing¹, Bai Lianchen² and Chen Libin²

(1 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083; 2 Tangshan Iron and Steel Group Co, Tangshan 063016)

Abstract The effect of using Fe-Al-Mg (2.5% Mg, 60% Al) deoxidizer during converter tapping on cleanliness and mechanical properties of thin slab of 0.17~0.22C SS400 steel produced by 150 t converter - LF bottom argon blowing - LF refining - 72.0~92.5 mm slab concasting - 2.75~5.50 mm strip continuous rolling process has been tested. The results showed that the amount (silicate inclusions rating 0.5 units) and size of inclusion in steel sheet produced by Fe-Mg-Al deoxidizer were obviously lower than the amount (silicate inclusions rating 3.0 units) and size of inclusion in steel sheet produced by Fe-Al deoxidizer and the tensile strength of the former was 10~20 MPa higher than that of the later.

Material Index 150 t Converter, Steel SS400, Thin Slab Concasting, Fe-Al-Mg Deoxidizer, Cleanliness, Mechanical Properties

当用镁合金对钢液复合脱氧时, 形成的脱氧产物可与其它脱氧元素形成复合的脱氧产物, 使氧含量进一步降低^[1,2]。钢液中含有一定的镁可以避免在钢中形成簇状/条状 Al₂O₃ 夹杂, 形成的 MgO·Al₂O₃ 尖晶石极小且随机分布, 对钢的疲劳性能和其它性能无害, 与 Ca 处理的钢相比, 纯净度更高^[3]。另外, 一定量的 Mg 溶解在钢液中, 在氧化物尖晶石上, 硫会以 MgS/MgS-MnS 相析出, 避免了硫化物对钢力学性能的不利影响^[4]。

1 试验条件

唐钢薄板坯连铸连轧生产 SS400 钢板(表 1)的工艺路线为: 150 t 转炉冶炼→出钢脱氧合金化

→钢包底吹氩 5~6 min→150 t LF 精炼(变压器容量 2.5 MVA, 升温速度 5 °C/min)→连铸连轧[直弧形连铸机, 中间包容量 38 t, 2 流, 铸坯断面(860~1730)mm×(72, 92.5)mm, 铸坯拉速 2.5~6.0 m/min, 有注流保护, 无电磁搅拌, 二冷采用喷淋或雾化冷却]→带材。

出钢时向钢流加 2/3 镁铝铁后加合金, 然后加剩余的镁铝铁。所用 Fe-Al-Mg 成分见表 2。

表 2 Fe-Al-Mg 脱氧剂的化学成分/%

Al	Mg	C	P	S	Fe
60±3	2.5	≤0.5	≤0.05	≤0.02	其余

表 1 SS400 钢化学成分/%

Table 1 Chemical composition of steel SS400 /%

C	Si	Mn	P	S
0.17~0.22	≤0.15	0.20~0.50	≤0.02	≤0.08

2 试验结果及讨论

2.1 含镁脱氧剂脱氧对钢中夹杂物的影响

钢液用铝铁脱氧的炉次夹杂物总量为 2.928

mg/kg, 而用铝镁铁脱氧的炉次夹杂物总量为 0.997 mg/kg。

从图 1(a) 和图 1(d) 可以看出, 含有 13.3×10^{-6} 镁板材中夹杂物比较小。图 1(a) 中夹杂物 A、C 对应的成分见图 1(b, c), 图 1(d) 中夹杂物 B、

D 对应的成分见图 1(e, f)。

由图 1(b, c) 和图 1(e, f) 可见加镁板材中夹杂物成分为 Ca-Mg-Al 或 Al-Si-Mg 等复合型夹杂物, 并且前者多为球形 (如图 1a 所示), 而未加镁板材中的夹杂物以硅铝酸盐及硅酸盐为主, 未发现

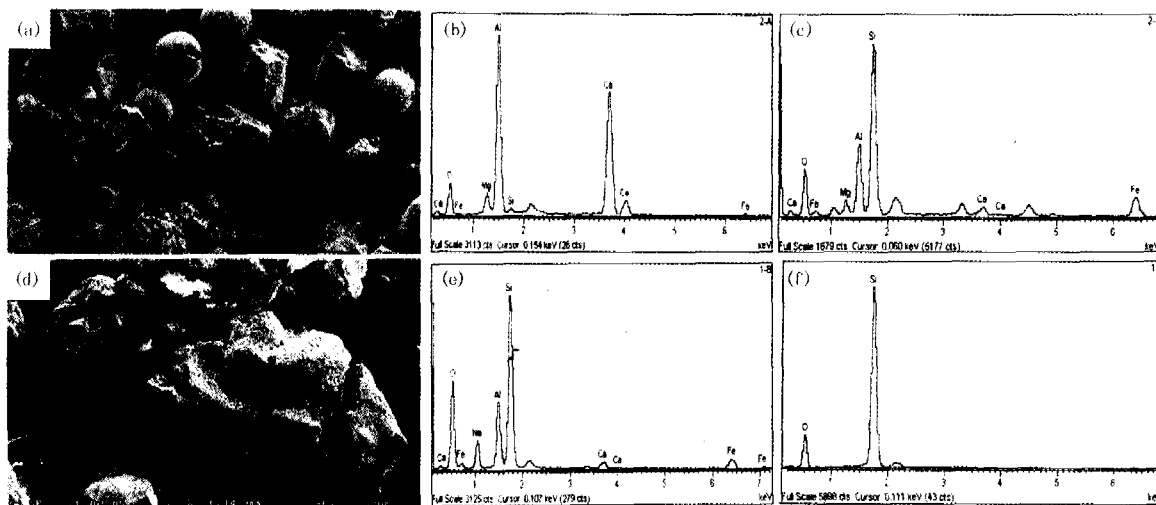


图 1 SS400 钢板材中夹杂物的 SEM 形貌和成分: (a, b, c) 加镁; (d, e, f) 不加镁

Fig. 1 SEM morphology and compositions of inclusions in steel SS400 plate: (a, b, c) added Mg; (d, e, f) non-added Mg

含镁板材中的 Ca-Mg-Al 球形夹杂物。

2.2 含镁脱氧剂对金相组织的影响

通过对镁铝铁脱氧的炉次板材与铝铁脱氧的炉次板材的金相分析发现, 在硫化物夹杂级别相同的情况下, 含 Mg 18.6×10^{-6} 的板材中硅酸盐类夹杂为 0.5 级, 比未加镁的板材中的硅酸盐类夹杂 3.0 级低; 另外, 镁铝铁脱氧炉次中发现了球类夹杂物。含镁脱氧剂对钢的金相组织的影响不明显。

2.3 含镁脱氧剂对板材力学性能的影响

由表 3 可见, 相同厚度的板材, Fe-Al-Mg 脱氧

与 Fe-Al 脱氧相比, 前者板材的抗拉强度和屈服强度都有所提高, 提高最大幅度达到 20 MPa。镁对板材的强化机理有待进一步研究。

3 结论

(1) Fe-Al-Mg 脱氧板材夹杂物数量大幅度降低, 夹杂物成分主要为球形的铝镁钙复合夹杂物和硅铝酸盐 (0.5 级), Fe-Al 脱氧夹杂物成分是硅铝酸盐 (3.0 级)。

(2) Fe-Al-Mg 脱氧板材力学性能提高, 抗拉强度、屈服强度最大可提高 20 MPa, 而延伸率基本保持不变。

参考文献

- 1 陈襄武. 炼钢过程的脱氧. 北京: 冶金工业出版社, 1991: 85
- 2 伊東, 裕恭·日野, 光兀·萬谷, 等. 溶鋼中でのスピネル(MgO·Al₂O₃)非金属介在物生成に關する熱力学. 鐵と鋼, 1998, 84 (2): 85
- 3 Saxena S K. (Norsk Hydro a. s) Production of Ultra-clean Steels With Better Mechanical Properties With Magnesium Treatment. Steelmaking Conference Proceedings, 1996: 89
- 4 Saxena S K. 采用镁处理生产具有良好性能的超洁净钢. 钢铁钒钛, 1998, 19(2): 67

张祥艳(1980-), 女, 硕士生, 从事钢铁冶金研究。

收稿日期: 2005-11-07

表 3 Fe-Al-Mg 脱氧和 Fe-Al 脱氧生产的 SS400 钢板材的抗拉强度和延伸率对比

Table 3 Comparison of tensile strength and elongation of steel SS400 plate produced by Fe-Al-Mg deoxidising and Fe-Al deoxidising

板材厚度/ mm	Fe-Al-Mg 脱氧		Fe-Al 脱氧	
	抗拉强度/ MPa	延伸率/ %	抗拉强度/ MPa	延伸率/ %
2.75	490	33	481	34
3.0	485	34	485	34
3.5	490	34	475	34
3.75	490	35	475	35
4.5	505	32	483	34
5.5	490	34	484	34