

CSP 冷轧镀锌板表面缺陷分析和改进工艺

方文艳¹ 乐可襄¹ 张宗宁²

(1 安徽工业大学冶金与资源学院, 马鞍山 243002; 2 马鞍山钢铁股份有限公司一钢厂, 马鞍山 243002)

摘要 通过扫描电镜和能谱分析了马钢 900 ~ 1 600 mm × 90 ~ 50 mm 铸坯 CSP(紧凑式带材生产线)冷轧 0.8 ~ 1.0 mm 薄板(≤0.07% C)的表面缺陷。分析结果表明,薄板表面缺陷处夹杂物主要为 FeO、CaO、SiO₂、Al₂O₃、MgO 等。通过控制 120 t LF 吹氩量 ≤ 200 L/min, 钢包到中间包用长水口, 中间包到结晶器用浸入式水口, 合理改善中间包流场, 采用中间包覆盖剂(% : 39 ~ 43CaO、6 ~ 7SiO₂、28 ~ 32MgO、2.3Al₂O₃), 采用结晶器保护渣(% : 32CaO、33SiO₂、1MgO、2.8Al₂O₃) 等改进工艺措施, 使冷轧镀锌板平均表面缺陷发生率从 2006 年的 12.64% 降至 2007 年的 3.15%。

关键词 CSP 工艺 冷轧镀锌板 表面缺陷 夹杂物 改进工艺

An Analysis on Surface Defect of CSP Cold Rolled Galvanized Sheet and Process Improvement

Fang Wenyan¹, Yue Kexiang¹ and Zhang Zongning²

(1 Metallurgy and Resources School, Anhui University of Technology, Maanshan 243002;
2 No. 1 Steelmaking Plant, Maanshan Iron and Steel Group Co Ltd, Maanshan 243002)

Abstract The surface defects of cold rolled 0.8 ~ 1.0 mm sheet (≤0.07% C) produced by compact strip production (CSP) line with 900 ~ 1 600 mm × 90 ~ 50 mm cast slab at Masteel have been analyzed by scanning electron microscope and energy dispersion spectrum analysis. Analysis results showed that the inclusions at surface defects of sheet were mainly FeO, CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO etc. The average surface defects occurred ratio of cold rolled galvanized sheet from 12.64% in 2006 to 3.15% in 2007 by using improved process measures such as to control 120 t LF argon blown rate ≤ 200 L/min, use long nozzle from ladle to tundish, use immersed nozzle from tundish to mold, reasonably improve flow field in tundish, use shield agent 39 ~ 43CaO, 6 ~ 7SiO₂, 28 ~ 32MgO, 2.3Al₂O₃ in tundish and shield slag main ingredient 32CaO, 33SiO₂, 1MgO, 2.8Al₂O₃ in mold.

Material Index CSP Process, Cold Rolled Galvanized Sheet, Surface Defect, Inclusions, Improved Process

马钢 CSP(Compact Strip Production) 生产线可生产碳素结构钢、低合金结构钢、管线钢、高耐候结构钢、汽车结构用钢、超低碳钢、造币钢、耐蚀钢、汽车大梁板等^[1], 已经达到了 CSP 产品大纲规定钢种的要求。实际生产中因卷渣造成的大颗粒夹杂、表面纵向裂纹、中心偏析等缺陷依然存在于薄板中^[2], 对钢板的性能都有较大影响。本文通过实验研究, 对钢包 CSP 冷轧镀锌板非金属夹杂物进行了分析, 并提出一些改进措施。

1 工艺流程及参数

冷轧镀锌板的化学成分(%)为: ≤0.07C、≤0.05Si、0.18Mn、≤0.02P、≤0.01S、0.025 ~ 0.050Als、0.003 ~ 0.004Ca。

马钢 CSP 生产线工艺主要流程^[3]为: 铁水预处理 → 氧气顶底复吹转炉冶炼 → 二次精炼 → 连铸 → 7

机架连续式精轧机。

预处理后的铁水中[S] ≤ 0.010%, 铁水预处理后要扒渣干净; 顶底复吹转炉(2 × 120 t) 钢水出钢温度在 1 670 °C 左右; 有 2 座 LF 和 1 座 RH, LF 吹氩处理时间 40 min 左右, RH 的处理容量为 105 ~ 130 t, RH 处理时间在 10 ~ 36 min; 坯厚 90 ~ 70 mm 时, 浇铸速度为 2.2 ~ 5.0 m/min; 坯厚 72 ~ 50 mm 时, 浇铸速度为 3.0 ~ 6.0 m/min; 采用液芯压下, 结晶器液面自动控制, 电磁制动, 钢包下渣检测, 漏钢预报等新工艺; 中间包的公称容量为 30 t, 中间包内钢液平均温度约为 1 550 °C; 7 机架 4 辊精轧机组, 带材宽度 900 ~ 1 600 mm, 半无头轧制(3 ~ 7 倍坯长); 超薄规格轧制(下限 0.8 ~ 1 mm), 以热代冷; 强冷加层流冷却; 表面质量检测。

2 实验研究

马钢 CSP 生产的产品主要存在的表面缺陷包括边裂、条痕状缺陷和氧化铁皮压入。一钢厂的冷轧镀锌板产品中的表面缺陷以点状缺陷和长条状缺陷为主。长条状缺陷其长度 ≥ 0.5 m, 宽度约为 0.5 mm, 深度一般为 100 μm 。图 1 为表面微裂纹划痕。为进一步分析板坯缺陷, 在板卷上选取 A、C、D、I、K 五处缺陷做电镜扫描实验观察夹杂物的外貌, 并通过能谱仪分析夹杂物的成分。

(1) 冷轧镀锌板缺陷 A 处电镜图如图 2(a), 由能谱图(图 2b)分析发现 A 处只有氧化铁聚集, 为氧化铁夹杂; (2) 图 2(c)(d) C 处夹杂为氧化钙、氧化硅及少量的氧化锆、氧化镁和氟化物; (3) 图 3(a)(b) D 处夹杂为氧化镁、氧化铝; (4) 图 3(c)(d) I 处夹杂为氧化铝夹杂; (5) 图 4(a)(b) K 处夹杂物

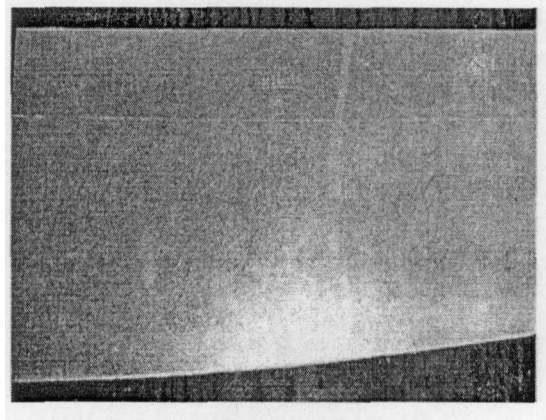


图 1 CSP 冷轧镀锌板表面缺陷形貌

Fig.1 Morphology of surface defects of CSP cold rolled galvanized sheet

中氧化硅、氧化铝、氧化钙的含量较多, 另存在少量的氧化钠和氟化物以及微量的氧化镁和氧化锆。

结合实际的生产工艺, 分析出冷轧镀锌板中非

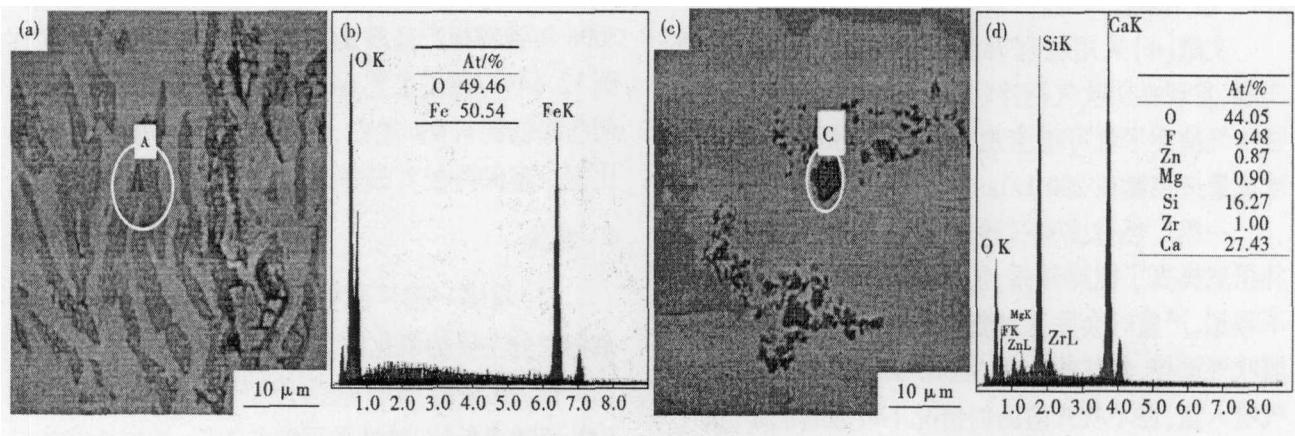


图 2 冷轧镀锌板缺陷形貌(a)(c)和能谱图(b)(d):(a)(b)A处;(c)(d)C处

Fig.2 Morphology (a) (c) and EDS figures (b) (d) of CSP cold rolled galvanized sheet: (a) (b) at A place; (c) (d) at C place

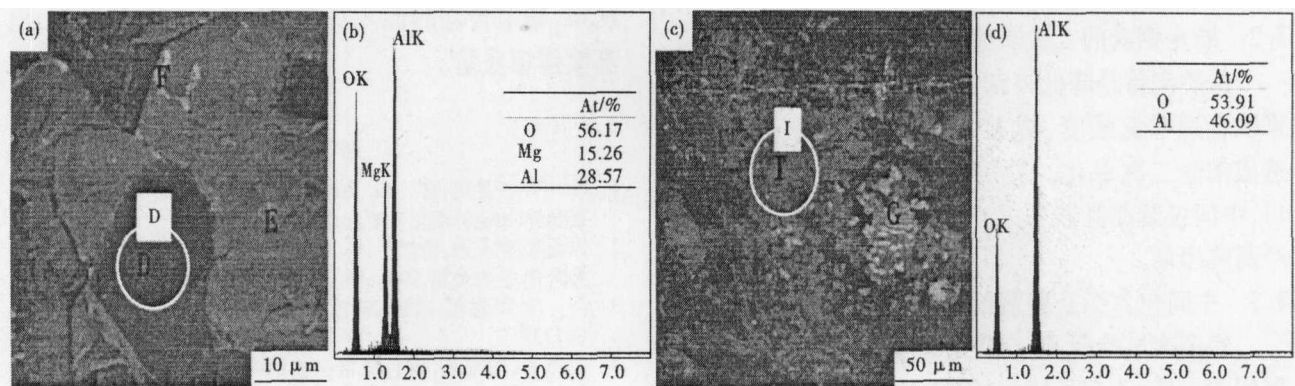


图 3 冷轧镀锌板缺陷形貌(a)(c)和能谱图(b)(d):(a)(b)D处;(c)(d)I处

Fig.3 Morphology (a) (c) and EDS figures (b) (d) of CSP cold rolled galvanized sheet: (a) (b) at D place; (c) (d) at I place

金属夹杂物的主要来源, 一是由于残留脱氧产物及出钢时卷渣造成的; 二是出钢和浇铸过程中, 钢液的二次氧化所形成的; 三是冶炼过程中耐火材料侵蚀

剥落形成的。

3 工艺改进措施

冷轧镀锌板的夹杂物主要来源途径是残留的脱

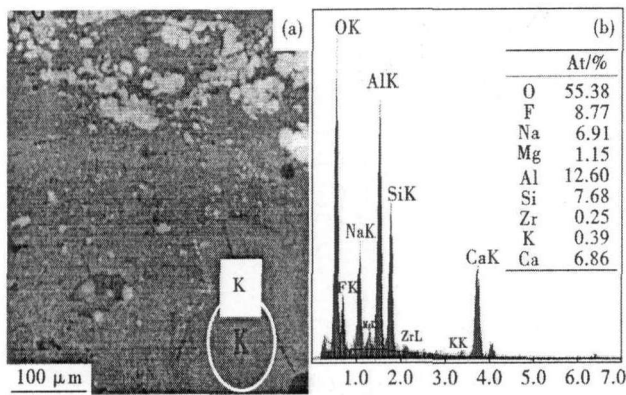


图 4 冷轧镀锌板缺陷 K 处形貌(a)和能谱图(b)

Fig. 4 Morphology (a) and EDS figures (b) of CSP cold rolled galvanized sheet at K place

氧产物、卷渣、钢液的二次氧化和耐火材料的剥落。因此要减少镀锌板中的夹杂物首先必须提高钢水洁净度,降低夹杂物的数量。其次防止钢液的二次氧化,降低耐火材料的融损。

3.1 LF 吹氩

文献[4]采用物理方法进行油、水二维模型实验,发现在弱吹气搅拌状态下未出现卷混现象;在强吹气搅拌下就可能出现卷混现象,并指出合适的吹氩量应控制在 200 L/min 以下。

一钢厂经过多次试验发现,全程采取强氩气搅拌虽然提高了搅拌效果,但是夹杂物的去除效果并不理想,严重时会发生卷渣。多次试验后,采取前期弱吹气搅拌,氩气吹入量为 300 L/min,逐渐提高氩气吹入量,在不吹开渣面的情况下可继续提高,氩气量在 500 L/min 左右。后期逐渐减少氩气吹入量,防止钢渣卷入到钢水中。检测浇铸的成品后发现夹杂物的数量明显减少。

3.2 防止钢液的二次氧化

保护浇铸是降低夹杂物的主要措施。同时还要采取合适吹氩强度,防止 LF 加热时钢液面裸露而造成钢液二次氧化。要求钢包到中间包采用长水口,中间包到结晶器采用浸入式水口,保护渣浇铸生产高纯净钢。

3.3 中间包流场及覆盖剂

经多次试验研究,合理地调整了中间包内挡墙、挡坝的设置,改善了钢水的流动轨迹,从而延长钢液在中间包的停留时间,促进了夹杂物的上浮。

采用合适的中间包覆盖剂。中间包覆盖剂绝热保温,可以减少浇铸过程中的温降;隔绝空气,防止钢液二次氧化;还能吸收钢液中的非金属夹杂物。生产中发现中间包覆盖剂的铺展性能不理想,造成保温效果不佳,又因为熔化温度过高,不易形成液渣

层,使得覆盖剂吸收钢液中夹杂物的能力下降。经不断研究,适当增加了二氧化硅、氧化铝的含量,改善了覆盖剂的性能,最终覆盖剂的成分(%)确定为:39~43CaO、6~7SiO₂、28~32MgO、2.3Al₂O₃。

3.4 结晶器保护渣及水口

不同的板坯需要不同的保护渣,目前采用的保护渣主要成分(%)为:32CaO、33SiO₂、1MgO、2.8Al₂O₃。其熔化温度为 1110 ℃,粘度为 0.09,碱度为 0.95。

实际生产中中间包钢水进入结晶器时,为防止在水口上方产生旋涡而使中间包渣卷入结晶器,必须保证钢液面高于产生旋涡的临界高度。通常可采用塞棒及控制中间包钢液面高度的方法。还可采用形状适宜的浸入式水口。采用浸入式水口并控制合适的插入深度。

改进措施实施之后,钢水的洁净度有了很大的提高,夹杂物含量明显减少。从数据中可以发现,2006 年镀锌板产品质量波动较大,缺陷比例最高达到 12.64%;改进工艺后,冷轧镀锌产品质量降级比例已降低到 4.0% 左右,2007 年上半年的产品缺陷比例一直保持在 2.37%~3.93%。

4 结论

(1) 马钢一钢厂镀锌板存在非金属夹杂物,夹杂物成分主要为氧化铁、氧化铝、氧化镁等。

(2) 适当控制吹氩强度,吹氩量稳定控制在 300~500 L/min,通过采用熔点较低、铺展性能较好的中间包覆盖剂来进一步净化钢液,采用碱度约为 1 的结晶器保护渣,并选择水口形状合适的浸入式水口,确定合理的插入深度,使夹杂物明显降低,提高镀锌板质量。

参考文献

- 1 李 苹,王步更,曹 燕. 马钢 CSP 热轧带钢产品质量现状与发展趋势. 冶金标准化与质量,2005,43(5):33
- 2 朱诚意,李光强,饶江平,等. 连铸薄板坯的质量缺陷及其改善措施研究. 上海金属,2006,28(2):15
- 3 闫 华,冯建晖. 马钢 CSP 生产线采用的新技术. 轧钢,2004,21(4):39
- 4 时东升,刘立英. 钢包吹氩工艺的优化与完善. 炼钢,2001,17(1):31

方文艳(1983-),女,在读硕士研究生,从事钢铁冶金、冶金物理化学、节能技术的研究。

收稿日期:2007-12-04