

EAF-LF-CC 工艺冶炼的结构钢低倍夹杂物的分析和控制

李冬生 徐冠宇

(武钢集团鄂钢公司质检中心,鄂州 436002)

摘要 分析了鄂钢 70 t EAF-LF-CC 流程生产的 20MnTiB 钢和 45 钢低倍夹杂物的成分以及结晶器保护渣和连铸工艺耐火材料的组成,得出钢的低倍夹杂主要是由 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 SiO_2 组成的复合夹杂物。通过改进工艺:白渣精炼时间 ≥ 10 min,控制 $Al_1/Al_2 \geq 85\%$,喂 Ca-Si 线后软吹氩 ≥ 7 min,控制钢包水口插入深度 ≥ 200 mm,浸入式水口插入深度 80 ~ 130 mm,采用优质耐火材料等措施,使低倍夹杂物检验合格率由 90.96% ~ 95.31% 提高到 99.77% ~ 100%。

关键词 EAF-LF-CC 低倍组织 夹杂物 工艺控制

Analysis and Control of Macro Inclusion in Structural Steel Melting by EAF-LF-CC Process

Li Dongsheng and Xu Guanyu

(Quality Inspection Center, Egang Co, Wuhan Iron and Steel Group, Ezhou 436002)

Abstract The composition of macro inclusion in 20MnTiB steel and 45 steel melting by 70 t EAF-LF-CC flow sheet at Egang and ingredient of mold powder and refractory material for concasting process have been analyzed, and it is obtained that the macro inclusion of steel is a composite inclusion which mainly consists of Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O and SiO_2 . With improving technology measures including white refining time ≥ 10 min, controlling $Al_1/Al_2 \geq 85\%$, after feeding Ca-Si wire soft argon stirring time ≥ 7 min, controlling immersion depth of ladle nozzle ≥ 200 mm and immersion depth of immersion nozzle 80 ~ 130 mm, and using quality refractory materials, the qualified steel rate for macro inclusion examination increased to 99.77% ~ 100% from original 90.96% ~ 95.31%.

Material Index EAF-LF-CC, Macro Structure, Inclusion, Technology Control

1 夹杂物的来源及形态

鄂钢 70 t EAF-80 t LF-CC(表 1,2)工艺流程生产 20MnTiB 和 45 钢等品种,初期生产主要问题为低倍断面夹杂,在高倍显微镜下观察成品材上夹杂物形态,主要表征为大颗粒线性、脆性不连续(图 1)。

连铸坯、成品材断面低倍酸浸观察,发现夹杂物一般呈簇状或零散分布,连铸坯中夹杂物主要集中在 1/4 圆弧面上。在塔形试验和用户进行车削加工

表 1 电弧炉的主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of electric arc furnace

项目	参数
熔炼周期/min	55
日平均炉数	23
平均容量/t	75
炉料组成	80% 废钢 + 20% 铁水
变压器容量/MVA	45
电极直径/mm	550
电耗/(kWh · t ⁻¹)	360
电极消耗/(kg · t ⁻¹)	1.85
氧耗/(m ³ · t ⁻¹)	50
产量/(万 t · a ⁻¹)	52
投产年份	2002

表 2 方坯连铸机的主要技术参数

Table 2 Main parameters of billet concaster

项目	参数
中间包容量/t	23
中间包过热度/°C	15 ~ 35
铸坯断面/(mm × mm)	150 × 150, 200 × 200
弧形半径/m	10
流数	4
流间距/mm	1 300
铸坯速度/(m · min ⁻¹)	2.8, 1.7
铸坯定尺长度/m	9
冶金长度/m	16
出坯温度/°C	< 200
矫直方式	2 点矫直
二次冷却方式	水和气雾冷却
电磁搅拌	M-EMS
铸流保护	有
连铸机平均作业率/%	75
连铸机连浇炉数	6
每炉平均浇铸时间/min	50
生产能力/(万 t · a ⁻¹)	60

后,钢材表面出现长度 10 ~ 50 mm 的细小裂纹。

对照表 3 电子探针分析与表 4 耐火材料成分,得出钢中夹杂主要是 Na_2O 、 ZrO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 TiO_2 、 CaO 、 SiO_2 等氧化物组成的复合夹杂: Na_2O 由保护

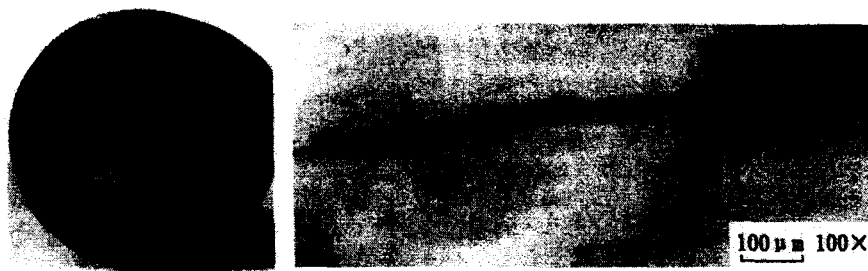


图 1 低倍夹杂物的形貌
Fig. 1 Morphology of macro inclusion

表 3 钢中大颗粒夹杂的成分/%
Table 3 Composition of large size inclusion in steel / %

钢种	夹杂物类型	Al ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	Na ₂ O	SiO ₂
20MnTiB	钙钛矿 ¹⁾	2.23	42.84	50.59		
	镁铝尖晶石 ²⁾	64.04	0.91	8.91		
	铝酸钙	73.88	14.73	2.69	8.70	
45 钢	铝酸钠	59.06	1.42		26.87	12.65
	铝酸钠 + 铝酸钙	72.57	12.43	1.62	10.15	3.23
	黄长石	37.03	42.91			20.07
	钙钛矿		43.93	56.07		

注: 1) 4.35% ZrO₂; 2) 25.30% MgO, 0.81% MnO

表 4 结晶器保护渣和连铸主要耐火材料的成分/%
Table 4 Ingredient of mold powder and main refractory material for casting / %

项目	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	C	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ZrO ₂
结晶器保护渣	31.40	34.31	8.68	20.87	1.07	3.56	0.35	
中间包涂料	2.40				76.16			
浇铸料			77.11					
长水口			41.41					3.95
塞棒			52.61					2.55
中间包水口								68.05
浸入式水口			64.63					11.98

渣卷入形成; 水口、塞棒等耐火材料浸蚀剥落将 ZrO₂ 卷入钢坯; 中间包涂料、挡渣堰的浸蚀剥落使 MgO 卷入钢坯; Ti 二次氧化形成 TiO₂; CaO、Al₂O₃、SiO₂ 为脱氧产物和外来夹杂。

2 工艺改进措施

根据分析结果及生产实际情况, 采取下列措施:

(1) 白渣精炼时间 ≥ 10 min, Al₂/Al₁ ≥ 85%, 喂 Ca-Si 线后软吹氩时间 ≥ 7 min。

(2) 严格控制钢包长水口的吹氩量, 在钢包水口与长水口, 中间包水口与浸入式水口之间加入了密封件, 中间包冲击区由原来的矮挡渣墙改为高挡渣墙, 并严格要求操作工在中间包冲击区渣面发红时补加中间包覆盖剂。

(3) 控制钢包水口插入深度 ≥ 200 mm, 按时溢渣; 控制浸入式水口插入深度在 80 ~ 130 mm 之间,

采取双渣线操作。

(4) 连浇过程中, 中间包钢水不足 10 t 不允许接浇次, 中间包剩余钢水必须 ≥ 4 t。切除掉有可能产生夹杂的铸坯。切头长度控制在 ≥ 1.2 m, 切尾长度控制在 ≥ 2.5 m。

(5) 加强有关自动浇钢液面检测的设备管理和结晶器液位校准操作的管理。

(6) 设计了 5 孔高挡渣墙, 改变了以往中间包钢水直接流向中间包包底而没有时间停留的情况, 有效提高了钢水在中间包内的停留时间。

(7) 采用优质耐火材料, 强化基础管理。

3 改进工艺取得的效果

改进工艺前后钢中夹杂物对比见表 5。

表 5 工艺改进前后夹杂物尺寸对比
Table 5 Comparison of inclusion size between original and improved process

工艺	低倍/ mm	高倍/μm			
		A	B	C	D
改进前	1 ¹⁾	436 ~ 649	≥ 822	≥ 1.029	53 ~ 76
改进后	无	127 ~ 261	184 ~ 343	≤ 18	≤ 13

注: 1) 颗粒状, 呈扇形分布

改进工艺前: 2004 年上半年, 电炉优钢低倍夹杂检验 1 979 炉, 其中因低倍夹杂不合格有 179 炉, 低倍检验合格率为 90.96%; 2004 年下半年, 电炉优钢低倍夹杂检验 1 664 炉, 其中因低倍夹杂不合格有 78 炉, 低倍检验合格率为 95.31%。

改进工艺后: 2005 年上半年, 电炉优钢低倍夹杂检验 3 478 炉, 因低倍夹杂不合格有 8 炉, 低倍检验合格率为 99.77%; 2005 年下半年, 低倍检验合格率达到 100%。

李冬生 (1966-), 男, 工程师, 1988 年武汉科技大学毕业, 从事钢铁冶金生产质量管理和检验。

收稿日期: 2006-08-03