

## ML08Al 钢 150 mm × 150 mm 连铸坯的生产实践

郭 平 郑 颖 石玉宏  
(包头钢铁(集团)公司炼钢厂, 包头 014010)

**摘 要** 包钢采用 83 t 转炉, 83 t 钢包炉(LF), 6 机 6 流 150 mm × 150 mm 方坯连铸机生产低碳低硅铝镇静钢 ML08Al( $\%: \leq 0.08C, 0.20 \sim 0.50Mn, \leq 0.06Si, 0.02Al$ )。生产实践表明, 转炉出钢时用 43% Al、13% Mn、2% Ti 的铝锰钛合金替代铝锭进行脱氧, 可使钢中铝含量稳定在 0.02% ~ 0.09%; 将钢中的硫含量降至 0.01% 以下时, 可减少钢液中 CaS 的产生, 基本消除中间包水口堵塞; 转炉出钢过程减少下渣量, 并加入 400 kg 石灰, 调整 LF 精炼过程脱氧剂加入量和加入时间, 以减少回硅量, 使钢中硅含量  $\leq 0.06\%$ 。

**关键词** 150 mm × 150 mm 方坯 ML08Al 钢 连铸 工艺实践

## Production Practice of 150 mm × 150 mm Concasting Billet of Steel ML08Al

Guo Ping, Zheng Ying and Shi Yuhong  
(Steelmaking Plant, Baotou Iron and Steel Corp, Baotou 014010)

**Abstract** The low carbon low silicon aluminum killed steel ML08Al ( $\%: \leq 0.08C, 0.20 \sim 0.50Mn, \leq 0.06Si, 0.02Al$ ) was produced by 83 t top-bottom combined blown converter - 83 t ladle furnace - 6 strand 150 mm × 150 mm billet concaster process at Baotou Steel. The operation practice showed that the aluminum content in steel was regularly 0.02% ~ 0.09% by 43Al-13Mn-2Ti alloy deoxidation during tapping of converter instead of Al brick; the nozzle clogging was avoided as sulphur content in steel was less than 0.01% to decrease amount of CaS formed in molten steel; and the resilicon amount decreased by decrease down slag amount and adding 400 kg lime in tapping of converter, and regulate deoxidation reagent adding amount and time to ensure silicon content in steel no more than 0.06%.

**Material Index** 150 mm × 150 mm Billet, Steel ML08Al, Concasting, Process Practice

### 1 生产流程和设备

柳螺钢 ML08Al 的主要成分( $\%$ )为:  $\leq 0.08C, \leq 0.06Si, 0.20 \sim 0.50Mn, \leq 0.030P, \leq 0.035S, 0.02Al$ , 其生产工艺路线为: 83 t 转炉-LF-小方坯铸机。转炉为 83 t 顶底复吹转炉, 经过 LF 精炼后使用 6 机 6 流小方坯铸机生产。铁水为未脱硫铁。表 1 为 LF 的主要参数, 表 2 为小方坯铸机的主要参数。

表 1 LF 主要技术参数

Table 1 Main technology parameters of LF

项目	参数
额定处理量/t	83
钢包直径/mm	3 240
自由空间/mm	870
变压器容量/MVA	16
升温速度/ $^{\circ}C \cdot \min^{-1}$	4

### 2 转炉冶炼

转炉终点碳含量控制在 0.01% ~ 0.04% 之

表 2 小方坯铸机技术参数

Table 2 Main technology parameters of billet concaster

项目	参数
中间包容量/t	18
铸坯断面/mm × mm	150 × 150
弧形半径/m	7
流数	4 机 4 流
流间距/m	1.05
铸(拉)坯速度/ $m \cdot \min^{-1}$	3
冶金定尺长度/m	12
冶金长度/m	13
二次冷却方式	水
电磁搅拌(M-EMS)	无
铸流保护	有
连铸机作业率/%	85
连浇炉数	20
平均浇铸时间/min	35
生产能力/ $万 t \cdot a^{-1}$	90

间。钢水严重过氧化出钢, 脱氧较难控制。以前使用铝锭(单重 12 kg)终脱氧及合金化, 在出钢过程中加入铝锭时, 铝锭时常漂浮在钢水表面, 造成铝的收得率低且不稳定。钢包中铝含量波动在 0.005% ~ 0.130% 之间。此次开发 ML08Al, 使用

新型脱氧剂 43% Al-13% Mn-2% Ti 铝锰钛合金, 在出钢过程其加入量为 6 kg/t 钢。使用新型脱氧剂后, 精炼炉就位铝含量大多数稳定在 0.02% ~ 0.09% 之间。

### 3 LF 精炼

在铝加入钢水中后 4 min, 75% ~ 85% 的  $Al_2O_3$  夹杂物上浮, 此时即使剧烈搅拌, 剩余的微夹杂物也无法大量去除。

通过钙处理, 剩余氧化铝夹杂物可变为低熔点铝酸钙。因此, 夹杂物通过钙变性处理, 可以完全缓解水口堵塞问题。然而, 钙处理受以下限制: 如加入的钙不足, 易生成高熔点的铝酸钙, 如  $CaO \cdot 2Al_2O_3$  和  $CaO \cdot 6Al_2O_3$ ; 加入的钙过量, 则在  $CaO \cdot Al_2O_3$  和  $MgO \cdot Al_2O_3$  的基体上产生高熔点的 CaS。这两种情况都可能发生水口堵塞, 2005 年 2 月生产的一个浇次由于 4 炉钢(表 3)中间包水口频繁结絮, 导致铸机连铸 4 炉钢后停浇, 因此钙的添加量要适当才能得到所需的结果。

表 3 发生中间包浸入式水口堵塞的 ML08Al 钢化学成分/%

Table 3 Chemical compositions of steel ML08Al heats occurred tundish immersed nozzle clogging /%

熔炼号	C	Si	Mn	P	S	Al <sub>t</sub>	Ca
100555	0.09	0.03	0.420	0.010	0.019	0.057	0.004 6
400315	0.06	0.01	0.390	0.021	0.032	0.031	0.002 9
100556	0.06	0.01	0.039	0.021	0.032	0.031	0.005 0
400317	0.09	0.01	0.047	0.022	0.023	0.040	0.002 3

当时分析原因有两种可能: (1) 形成了串簇状的  $Al_2O_3$ ; (2) 形成了固态 CaS。以上两种夹杂物均可导致中间包水口结絮。由于此 4 炉钢 Ca-Fe 线的喂入量达到 400 ~ 500 m, 所以形成串簇状的  $Al_2O_3$ , 导致结絮的可能性不大。

根据溶解的钙与  $Al_2O_3$  反应以及钙与硫反应的理论和表 3 的数据, 得出有可能在喂入 CaFe 线时生成了 CaS, 导致了中间包水口的堵塞。在第二次生产时决定将硫的含量大幅度降低, 以尽量减少生成 CaS 的机会。2 月份又生产了 8 炉 ML08Al 钢, 成分见表 4。

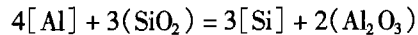
8 炉钢生产顺利, 在此后生产的 2 万 t 左右的 ML08Al 钢中, 仅出现了 4 次堵塞, 均是由于各种原因未能有效脱硫导致堵塞。将钢中硫降下来后, 钢水的可浇性明显改善, 小方坯铸机可顺利生产。

表 4 未发生中间包浸入式水口堵塞的 ML08Al 钢化学成分

Table 4 Chemical compositions of steel ML08Al heats non-occurred tundish immersed nozzle clogging

熔炼号	化学成分/%								Ca/Al
	C	Si	Mn	P	S	Al <sub>s</sub>	Al <sub>t</sub>	Ca	
400335	0.05	0.03	0.46	0.016	0.009	0.028	0.031	0.005 0	0.16
400336	0.07	0.06	0.54	0.019	0.004	0.031	0.033	0.004 6	0.14
500636	0.10	0.08	0.52	0.014	0.007	0.049	0.053	0.007 0	0.13
400337	0.07	0.02	0.42	0.014	0.021	0.034	0.042	0.004 0	0.10
400338	0.05	0.02	0.43	0.021	0.006	0.028	0.031	0.006 7	0.22
400339	0.07	0.02	0.44	0.009	0.012	0.045	0.049	0.006 3	0.13
500638	0.07	0.01	0.35	0.012	0.018	0.023	0.036	0.003 7	0.10
400340	0.07	0.07	0.49	0.021	0.008	0.029	0.041	0.004 0	0.10

解决了可浇性后, 发现 LF 精炼时钢中硅的含量大幅度上升。在钢渣间发生如下反应:



防止钢中硅含量增加的措施为:

- (1) 出钢过程中尽量减少下渣量;
- (2) 在转炉出钢过程中加入 400 kg 石灰, 尽早形成高碱度顶渣, 降低钢包顶渣中  $SiO_2$  的活度;
- (3) 改进 LF 精炼过程中脱氧剂的加入量及加入时机。

在采取以上措施后供铸机钢水的硅含量明显下降。在 2005 年 3 月 4 日到 4 月 1 日生产了 151 炉, 钢中硅含量的分布如表 5 所示。

表 5 供铸机 ML08Al 钢水 Si 含量分布

Table 5 Distribution of silicon content in molten steel ML08Al for billet concaster

炉数	Si/%
55	0.01 ~ 0.04
40	0.04 ~ 0.06
5	> 0.06

### 4 结论

- (1) 降低 ML08Al 钢中的硫含量, 使其达到 0.01% 以下可明显改善浇铸性能。
- (2) 根据实际情况控制 Al 含量及在适当时机加入, 可以明显减轻回硅趋势。

郭平(1971-), 男, 工程师, 2001 年西安建筑科技大学毕业, 从事炼钢和连铸工艺及质量控制工作。