

## RH 精炼终点-中间包浇铸过程超低碳钢水增碳的影响因素

宋佳霖<sup>1</sup> 易正明<sup>1</sup> 彭其春<sup>1</sup> 盛喜松<sup>2</sup> 邓品团<sup>2</sup>

(1 武汉科技大学钢铁冶金及资源利用省部共建教育部重点实验室, 武汉 430081; 2 武汉钢铁集团, 武汉 430083)

**摘要** 通过数据统计,分析了钢厂 180 t RH 精炼结束到 45 t 中间包浇铸过程中钢包衬、中间包涂料和覆盖剂等对 MA 超低碳钢水 ( $\leq 0.005\% C$ ) 增碳的影响。结果表明,连续浇铸第 1 炉增碳较大,增碳量  $5 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ ,其余炉次增碳量  $\leq 3 \times 10^{-6}$ 。通过第 1 炉缓缓加入覆盖剂控制中间包液面波动,加  $Al_2O_3$  减少钢包渣线侵蚀,减少钢包砖衬、中间包涂料和覆盖剂游离碳含量,可使 RH 精炼终点-中间包浇铸过程中钢水增碳量  $\leq 3 \times 10^{-6}$ 。

**关键词** 超低碳钢 RH 中间包覆盖剂 涂料 钢包砖衬

## Effect Factors on Carbon Pickup of Liquid of Ultra-Low Carbon Steel during RH Refining End to Tundish Casting Process

Song Jialin<sup>1</sup>, Yi Zhengming<sup>1</sup>, Peng Qichun<sup>1</sup>, Sheng Xisong<sup>2</sup> and Deng Pintuan<sup>2</sup>

(1 Key Laboratory for Ferrous Metallurgy and Resources Utilization of Ministry of Education, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081; 2 Wuhan Iron and Steel Corporation, Wuhan 430083)

**Abstract** Effect of ladle lining, tundish coating and covering agent on carbon pickup of liquid of ultra-low carbon steel MA ( $\leq 0.005\% C$ ) during 180 t RH refining end to 45 t tundish casting process has been studied by statistic data. Results show that for first heat of continuous-continuous casting heats, the carbon pickup of liquid is higher i. e.  $5 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ , for rest heats that is  $\leq 3 \times 10^{-6}$ . With slow adding covering agent for first heat to control fluctuation of liquid level, adding  $Al_2O_3$  in lining to decrease etching of slag line of ladle, and reducing free carbon content in ladle lining, tundish coating and covering agent, the recarburization in liquid during RH refining end to tundish casting process shall be  $\leq 3 \times 10^{-6}$ .

**Material Index** Ultra-Low Carbon Steel, RH, Tundish Covering Agent, Coating, Ladle Lining

连铸过程中,防止铸坯增碳是生产超低碳钢的关键<sup>[1-2]</sup>。本文统计了钢厂 2012 年 1 月~7 月的 MA 钢 ( $\% C: \leq 0.005\% C, 0.007 \sim 0.012\% Si, 0.07 \sim 0.15\% Mn, \leq 0.025\% P, \leq 0.025\% S, \leq 0.002\% N, \leq 0.035\% Al$ ) 汽车板数据,分析不同条件下对钢液增碳的影响规律。

### 1 同一浇次下不同炉次精炼-中间包钢水增碳规律

钢包 180 t,中间包 45 t,第 1 炉开浇时覆盖剂加

入量为 150~400 kg,以后各炉次为 50~100 kg。同一浇次 6 炉精炼结束至终点中间包钢水的增碳量,如图 1 所示。

由图 1 可见,第 1 炉钢包的增碳量较大,综合来看,后 5 炉的增碳量趋于稳定。分析其原因可能是:(1)由于生产调度等原因造成连铸钢水跟不上,导致中间包液面过低,增大了覆盖剂漩涡卷入钢液的可能性;(2)由于钢水裸露,液面波动大,加入覆盖

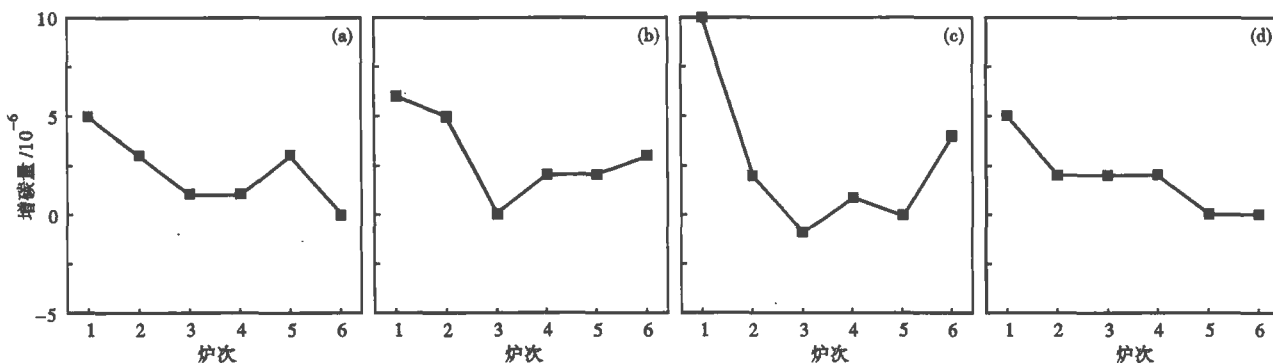


图 1 6 炉一浇次下不同炉次的钢水增碳量:浇次 No1 (a), No2 (b), No3 (c), No4 (d)

Fig. 1 Pick-up of carbon content in liquid of series heats in same sequence casting of 6 heats; sequence casting No1 (a), No2 (b), No3 (c) and No4 (d)

表1 不同钢包情况下钢水增碳 $\leq 3 \times 10^{-6}$ 的百分比  
Table 1 Percentage of pick-up of carbon content in liquid  $\leq 3 \times 10^{-6}$  in different ladles

钢包号 No	增碳量 $\leq 3 \times 10^{-6}$ 的 百分比/%	钢包号 No	增碳量 $\leq 3 \times 10^{-6}$ 的 百分比/%
1	60.53	18	78.38
2	82.93	19	79.41
3	66.67	20	86.27
4	74.07	21	77.27
5	83.33	22	77.50
6	70.58	23	82.50
7	79.49	24	84.21
8	79.49	25	77.78
9	77.36	26	81.58
10	77.36	27	80.00
11	79.41	28	79.59
12	84.85	29	77.27
13	77.14	30	78.05
14	86.67	31	72.73
15	83.33	32	71.48
16	63.64	33	80.49
17	70.59		

表2 中间包涂料中的游离碳含量对钢水增碳量 $\leq 3 \times 10^{-6}$ 的影响  
Table 2 Effect of free carbon content in tundish coating on percentage of pick-up of carbon in liquid  $\leq 3 \times 10^{-6}$

涂料 No	成分/%					增碳量 $\leq 3 \times 10^{-6}$ 的百分比/%
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	C	
1	5.32	1.99	2.30	82.95	0.83	73.79
2	5.33	2.00	2.30	83.52	0.76	77.27
3	5.33	1.99	2.31	83.55	0.72	76.99
4	5.33	1.99	2.32	82.22	0.71	78.39
5	5.34	1.99	2.29	84.20	0.52	84.05
6	5.34	2.00	2.31	83.84	0.65	80.49
7	5.33	1.99	2.30	82.60	0.62	75.60

表3 覆盖剂的成分对钢水增碳量 $\leq 3 \times 10^{-6}$ 百分比的影响  
Table 3 Influence of ingredient of tundish covering agent on percentage of pick-up of carbon content in liquid  $\leq 3 \times 10^{-6}$

覆盖剂 No	成分/%							增碳量 $\leq 3 \times 10^{-6}$ 的百分比/%
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	CaF <sub>2</sub>	C	
1	4.67	37.37	41.69	2.81	7.56	-	5.25	70.83
2	2.85	28.02	32.7	4.24	12.32	12.21	4.22	79.29

剂的时机难掌握,造成覆盖剂的大量卷入,所以首包增碳是最严重的<sup>[3]</sup>。

## 2 不同钢包对精炼-中间包钢水增碳的影响

钢包砖衬增碳主要通过:(1)游离碳直接与钢液接触,渗入钢水中;(2)碳与砖衬中的氧化物反应生成CO,CO再与钢液反应进入钢液中<sup>[4]</sup>。

从表1可见,1、3、4、16、17、31、32号钢包增碳量较大,分别取此7个钢包和2、20号钢包的内衬和渣线残片进行对比。发现这7个钢包渣线侵蚀情况

要比2、20号罐严重,均超过150mm。检测其渣线部位的镁碳砖发现,侵蚀严重的7个钢包的渣线砖表面含MgO和少量的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,2、20号罐渣线砖的表面MgO和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>同时大量存在,可推断其形成了一层致密的镁铝尖晶石<sup>[5]</sup>,阻止钢水进一步侵蚀。

## 3 不同中间包涂料对精炼-中间包钢水增碳的影响

中间包涂料喷涂层耐火材料平均碳含量0.7%,由表2可见,5号涂料的游离碳的含量最少,采用5号涂料的增碳量 $\leq 3 \times 10^{-6}$ 的所占有的比例最多,即增碳量最少。

## 4 中间包覆盖剂对精炼-中间包钢水增碳的影响

从表3可见,对于减少增碳而言,2号覆盖剂的使用效果明显好于1号覆盖剂。中间包覆盖剂中Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和CaO过多是导致增碳量大的一方面因素,萤石的加入可以减少增碳。

## 5 结论

(1)第1炉增碳是比较严重的,减少第1炉覆盖剂的加入量,采取缓缓加入覆盖剂的方法,来控制液面波动,进而减少钢液增碳。

(2)在不影响其他性能情况下,减少钢包砖衬、中间包涂料、中间包覆盖剂中的游离碳配比,可以减少钢水增碳。

(3)控制钢包的渣线砖的成分,在不影响热振稳定性和抗渣性的前提下,加入适量的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,以此来和MgO结合形成一层镁铝尖晶石,降低侵蚀。

## 参考文献

- [1] 陈荣欢,朱祖民,职建军,等.宝钢超低碳钢保护渣的开发[J].炼钢,2007(4):14-17.
- [2] 肖玉光,高艳宏,张广军,等.中间包覆盖剂的冶金效果试验[J].材料与冶金学报,2005(3):10-12.
- [3] 国际钢铁学会编.洁净钢——洁净钢生产工艺技术[M].中国金属学会译.北京:冶金工业出版社,2006.
- [4] 叶仲超,王石扬.超低碳钢在大包中增碳机理[J].中国稀土学报,1998,8(2):803-805.
- [5] 李楠.耐火材料与钢铁的反应及对钢质量的影响[M].北京:冶金工业出版社,2005.

宋佳霖(1987-),男,硕士研究生(武汉大学),2011年洛阳理工学院毕业,钢水纯净度研究。

E-mail:jjalin2010@163.com

收稿日期:2013-04-01