

无自由碳保护渣在冷镢钢模铸上的应用

朱祖民 蔡得祥 张晨 庄铁

(宝山钢铁股份有限公司研究院,上海201900)

摘要 为减少0.03%~0.07% C冷镢钢10.3 t模铸锭的增碳,开发了不添加炭素材料保护渣,主要成分(%)为TC 1.10~1.22, Al_2O_3 5.03~5.62, Na_2O 3.29~3.40; $CaO/SiO_2 = 0.55 \sim 0.58$ 。该保护渣具有高的熔化温度(1300℃),高粘度(1500℃, 1.5 Pa·s),低容重(0.38~0.40 g·cm⁻³),因此能降低保护渣的熔化速度(1500℃, 5.70~5.96 g/min)。生产试验表明,钢坯增碳发生率≤5%。

关键词 冷镢钢 模铸 无自由碳保护渣

Application of Powder without Free Carbon for Ingot Casting Cold Heading Steel

Zhu Zumin, Cai Dexiang, Zhang Chen and Zhuang Tie

(Baosteel Research Institute, Shanghai 201900)

Abstract The powder no-adding carbon of which the main ingredient is TC 1.10~1.22, Al_2O_3 5.03~5.62, Na_2O 3.29~3.40, $CaO/SiO_2 = 0.55 \sim 0.58$ has been developed to reduce the recarburization of 10.3 t ingot of 0.03~0.07% C cold heading steel. The powder has high melting temperature (1300℃), high viscosity (1.5 Pa·s at 1500℃) and low bulk density (0.38~0.40 g·cm⁻³), that is available to decrease melting speed of powder (5.70~5.96 g/min). Pilot production results showed that the occurred ratio of recarburization was ≤5%.

Material Index Cold Heading Steel, Ingot Casting, Powder without Free Carbon

由连铸替代模铸生产钢坯是必然的选择,但对某些具有特殊要求的钢种模铸生产仍然具有市场前景。在模铸生产钢锭时,钢锭增碳缺陷是最常见的缺陷之一,模铸保护渣中的炭素材料是钢锭增碳最主要的碳源。宝钢股份宝钢分公司在模铸冷镢钢时试用了无碳保护渣,解决了困扰冷镢钢生产的钢坯增碳问题,同时为其他模铸钢种减少钢坯增碳找到了一条途径。

1 含碳保护渣引起钢锭增碳

冷镢钢浇注采用HRV-92上大下小方锭模,锭重10.3 t。采用保护渣、绝热板、发热板三位一体浇注,下注。模铸保护渣的成分通常选在CaO、 SiO_2 、 Al_2O_3 三元系的低熔点区,再加入含有Na、F元素的助熔剂,调节保护渣的熔点和粘度,再配入炭素材料调节熔化速度。配入的炭素材料还兼有提高保护渣铺展性、保温性的效果。

原用保护渣含自由碳(外加炭素材料如石墨等)为15%~20%。显然,含这么高自由碳的保护渣在浇铸过程中很容易引起钢锭增碳。其原因是由于开浇时钢水从汤道进入钢锭模底部直接与吊挂的固体粉渣接触,钢锭尾部发生增碳;钢水上升过程中

粉渣卷入钢锭与模壁之间,与红热钢锭直接接触造成钢锭表面增碳;钢水浇到头部由于发热剂燃烧搅动钢水或者熔渣结壳龟裂时造成帽部钢水液面下降,帽部钢水的补缩作用加速碳向中心部位扩散;浇钢时钢水上升至帽口线,部分粉渣滞留在绝热板下部边缘处,造成帽口线增碳。因此,含碳保护渣引起的钢锭增碳是不可避免的,而采用无碳保护渣才是避免保护渣引起钢锭增碳的最有效措施^[1]。

2 无碳保护渣的开发

炭素材料作为保护渣的骨架材料主要作用为控制熔化速度,氮化硼等氮化物因与石墨具有相似的结晶构造和物理性质被首选为炭素材料的代用品^[2],但因为氮化物价格昂贵而没有得到普遍应用。在不采用炭素材料作为骨架材料的条件下,可以从调整保护渣的粘度、熔点、容重以及成分设计、物料选择等多方面来控制、影响保护渣的熔化速度。

在实验室配制了5种保护渣试样,主要成分、熔点、容重及原料特点见表1,其中TC指保护渣中所有碳元素的总和。这5种试验渣没有配入炭素材料,它们的TC指原料中带入的固定碳,例如碳酸盐(Na_2CO_3)中的碳。

表 1 试验渣的主要成分、物理性能及特点
Table 1 Main ingredient, physical properties and characteristics of test powder

渣号	成分/%				碱度 (CaO/SiO ₂)	熔化温 度/℃	熔化速度/(g·min ⁻¹)		容重/ (g·cm ⁻³)	原料特点
	TC	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	F ⁻			1 400 ℃	1 500 ℃		
1	0.36	13.54			1.17	1 280	5.50	9.80	0.36	加入超轻质材料及改善铺展性的材料
2	0.90	11.96	3.24		1.26	1 280	6.02	11.40	0.38	加入超轻质材料及改善铺展性的材料
3	1.10	5.03	3.40		0.55	1 320	粘度高, 熔渣未滴下	5.96	0.40	加入超轻质材料
4	0.27	7.31		5.67	0.51	1 300	2.05	7.10	1.14	普通矿物粉料
5	1.22	5.62	3.29		0.58	1 330	粘度高, 熔渣未滴下	5.70	0.38	加入超轻质材料及改善铺展性的材料
原用渣	17.2	7.84	4.14	<0.5	≤4	1 205	未测	1.67	0.98	加入普通矿物粉料及炭素材料

图 1 是 5 种保护渣样的粘度-温度曲线,作为模铸保护渣,渣样 1、2 的高温粘度值偏低,又由于碱度较高,熔渣冷却过程中的结晶性强,具有较明显的粘度-温度曲线的转折点,即所谓的短渣,因此从粘度来看渣样 3、4、5 比较合适。但渣样 4 容重较大,保温性能差,因此渣样 3、5 更好些。

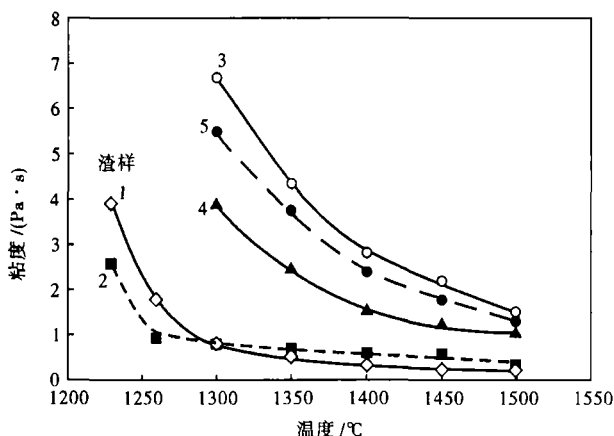


图 1 5 种保护渣的粘度-温度曲线
Fig. 1 Curves of viscosity-temperature of 5 kinds of powders

由于无碳保护渣没有炭素材料作为骨架材料控制熔化速度,所以无碳保护渣的熔化速度要特别关注。根据文献[3]制作了保护渣熔化速度测定装置(图 2),炉子温度控制在 1 400℃ 与 1 500℃,保护渣加入坩埚上方的石墨圈内,保护渣熔化后沿斜坡会聚后从中心孔滴入一容器内,模拟保护渣在钢水面上熔化后流入钢锭凝壳和模壁之间,计算出单位时间内滴下的熔渣量即熔速。测试结果(表 1)表明,保护渣的熔化温度、粘度和容重都对保护渣的熔速产生影响,高熔化温度、高粘度、低容重能降低熔化速度,所以渣样 5 在 5 种渣样中熔速最慢,但还是比原用渣快,说明炭素材料对熔速的影响最显著。

测定了无碳保护渣吸收 Al₂O₃ 的性能,测试装置见图 3,在石墨坩埚底部装入 5 g Al₂O₃ 粉末,再

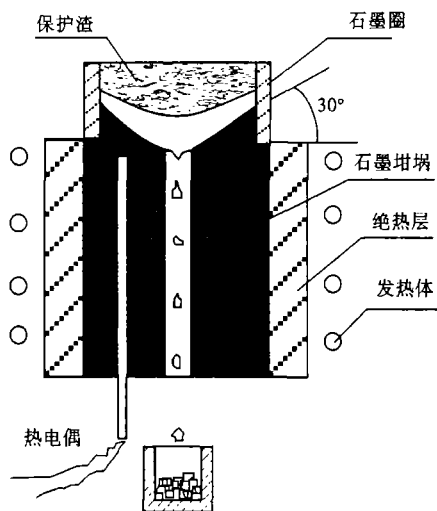


图 2 保护渣熔化速度测定装置示意图
Fig. 2 Schematic of device for measuring melting speed of powder

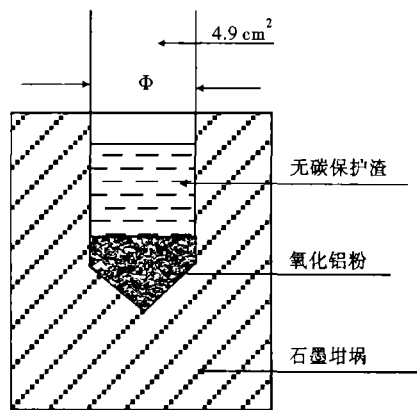


图 3 保护渣吸收 Al₂O₃ 能力测试装置示意图
Fig. 3 Schematic of device for test ability of powder to absorb Al₂O₃

装入 6 g 经过预熔、冷却、粉碎的无碳保护渣,5 种渣样共 3 组在 1 400℃ 的炉子内分别保温一定时间后取出,保护渣因吸收 Al₂O₃ 粉末而增重。吸收能的计算公式:

$$\text{吸收能}(\text{g}/\text{cm}^2) = (\text{吸收 Al}_2\text{O}_3 \text{ 后的渣重} - \text{原始渣重}) / 4.9$$

测试结果见图 4,渣样 1、2 因熔点粘度较低吸收

Al₂O₃ 的速度稍快,但 25 min 后都趋于一致,如将炉温提升至 1 500 ℃,效果将更接近。总之,在炼钢温度下这 5 种保护渣吸收 Al₂O₃ 性能可满足要求。

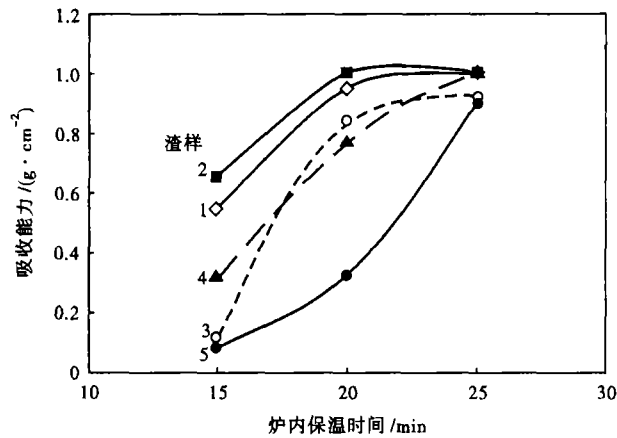


图 4 不同保护渣吸收 Al₂O₃ 能力

Fig. 4 Ability of different powders to absorb Al₂O₃

综合以上结果,认为和原用保护渣熔速最为接近的渣样 5 可作为试验用渣。

3 生产试验

在 10.3 t 上大下小的下注钢锭模上进行了无碳保护渣试验,钢锭头部断面尺寸为 719 mm × 887 mm,尾部为 555 mm × 791 mm,高为 3 000 mm。冷镢钢的钢种很多,碳含量差异也较大,表 2 是冷镢钢典型钢种的主要成分。LD 转炉(300 t)冶炼后的钢水经 RH 真空处理、成分调整后送至模铸跨浇钢。保护渣每包 15 kg,共计两包在模内吊挂,吨钢耗量略高于原用渣。开浇后保护渣随着钢液面上升至保温

帽口尚有固体粉渣,钢液面未“露亮”。通过热轧钢坯的低倍样抽检钢锭的增碳情况。2006 年进行了 80 多炉的探索性试验,2007 年在冷镢钢上正式推广应用。实现了钢坯增碳发生率 ≤ 5% 的预定目标。

表 2 冷镢钢主要成分/%

Table 2 Main chemical composition of cold heading steel / %

C	Si	Mn	P	S
0.03 ~ 0.07	<0.08	0.35 ~ 0.50	<0.015	<0.01

4 结论

(1) 不添加炭素材料的模铸无碳保护渣是防止钢锭增碳的最有效措施之一。

(2) 开发的高熔化温度、高粘度、低容重的无碳保护渣能适应大钢锭的浇注需求,说明采用物料选择、成分控制、性能筛选等多种手段控制保护渣的熔化速度是可行的。

(3) 无碳保护渣的单耗略高于含碳保护渣。

参考文献

- 1 孟凡钦. 钢锭浇铸及其质量. 武汉: 武汉钢铁公司出版, 1987
- 2 竹内 英磨, 森 久, 西田 祚章, 等. 连续铸造用无炭素パウグの開発, 铁と鋼, 1978(10): 1552
- 3 Frazee M J. Status Report ASTM Committee C08. 11 Standardization Work on Metallurgical Powders. Steelmaking Conference Proceedings, 1995(78): 639

朱祖民(1945-), 男, 高级工程师, 1969 年东北工学院毕业, 长期从事炼钢辅助材料研究。

收稿日期: 2008-03-16

中国钢研科技集团公司钢铁研究总院结构材料研究所 五十年历程系列报道——历史沿革

1958 年, 中国钢研科技集团公司钢铁研究总院结构材料研究所(以下简称“结构所”)前身——“新钢种研究室”成立, 从此开启了结构所在中国钢铁材料自主研发舞台的辉煌一幕。2004 年, 以结构所为依托单位组建国家级研究中心“先进钢铁材料技术国家工程研究中心”, 进一步彰显结构所在中国钢铁行业的重要地位。

结构所重要历史历程如下:

- ▲1958 年: “新钢种研究室”成立。
- ▲1979 年: 中国金属学会下属学术团体“特殊

钢学术委员会”成立, 挂靠单位钢铁研究总院, 秘书处设置在结构所。

▲1985 年: “特殊钢学术委员会”正式更名为“特殊钢分会”。

▲1988 年: “合金钢研究部”成立。

▲1999 年: “结构材料研究所”成立。

▲2004 年: 以结构所为依托单位组建“先进钢铁材料技术国家工程研究中心”。

北京市海淀区学院南路 76 号

邮编: 100081