

轴承钢 GCr15 连铸钢水流动性差的原因和改进措施

费三林 周立新 潘明旭 王 品 刘高利 刘月云
(湖北新冶钢有限公司, 黄石 435001)

摘 要 GCr15 连铸钢水流动性差, 主要表现为钢包钢水流不出或中间包水口内钢水流量小。生产统计数据表明, 随连浇炉次平均 [Al] (0.01% ~ 0.03%) 增加, [Ti] (0.003% ~ 0.007%) 降低, Mn/Si (1.45 ~ 1.60) 增加, 钢水的流动性提高, 此外 LF 精炼周期长 (80 min), 中间包钢水过热度低 (25 ℃), 不利于提高钢水流动性。提高钢水的洁净度, 适当提高 [Al] 和 Mn/Si, 控制精炼时间和中间包钢水过热度, 可有效提高 GCr15 钢水的流动性。

关键词 GCr15 钢 钢水流动性 重接 夹杂物 中间包水口

Cause of Poor Fluidity of Casting Liquid of Bearing Steel GCr15 and Improving Measure

Fei Sanlin, Zhou Lixin, Pan Mingxu, Wang Pin, Liu Gaoli and Liu Yueyun
(Hubei Xinyegang Steel Co Ltd, Huangshi 435001)

Abstract Poor fluidity of casting liquid of steel GCr15 mainly shows that the liquid in ladle doesn't flow out or the flow rate of liquid in nozzle of tundish is small. The steelmaking statistic data show that with increasing concasting heats average [Al] (0.01% to 0.03%), decreasing [Ti] (0.003% to 0.007%) and increasing Mn/Si (1.45 to 1.60) in steel the fluidity of liquid increases, besides, the longer LF refining period (80 min) and lower superheating extent (25 ℃) is unfavourable to increase the fluidity of liquid. Improving the cleanliness of liquid, suitable increasing [Al] and Mn/Si, controlling refining time and superheating extent of liquid in tundish is effective to improve the fluidity of liquid of steel GCr15.

Material Index Steel GCr15, Fluidity of Liquid, Rejoining, Inclusions, Nozzle of Tundish

GCr15 连铸钢水流动性差致使连铸机生产波动频繁, 严重时导致连铸停浇, 既影响铸坯质量的稳定又影响钢厂生产的成本, 严重降低炼钢工序收益。因此有必要对 GCr15 钢水流动性差的原因进行分析, 同时结合实际操作探讨应采取的相应对策和改进措施。

GCr15 的生产流程为: 40% ~ 50% 铁水 + 废钢-70 t 电弧炉- LF(VD)- 240 mm × 240 mm 连铸。精炼喂 Al 线对钢水进行深脱氧, 底吹氩气强度前期以稳定电弧, 后期以钢水不裸露为原则, 用 VD 进行脱气处理, 其中保持真空度 67 Pa 的时间 ≥ 15 min, 破真空后根据温度进行吹氩, 保证软吹氩搅拌时间 ≥ 20 min。

1 水口结瘤和 GCr15 钢水流动性差的分析

对浇完 GCr15 钢的中间包水口(水口长 780 mm, 出口处内径 40 mm) 截面观察发现在水口渣线以上的直筒部位和根部时

常有灰白色的附着物, 而中间直筒部位的附着物一般只有薄薄的一层, 呈粉末状, 表面不粗糙, 且沿直筒四周分布不均匀, 分布区域较小。

水口根部附着物很密集, 沿水口根部圆周分布较均匀, 厚度较直筒部位要厚。

渣线以下至水口出口处堵塞物聚集(图 1a)要比渣线以上的部位(图 1b)严重, 堵塞物沿水口内壁连接在一起, 分布比较均匀, 渣层也较厚, 且堵塞物表面粗糙。水口结瘤物成分见表 1。

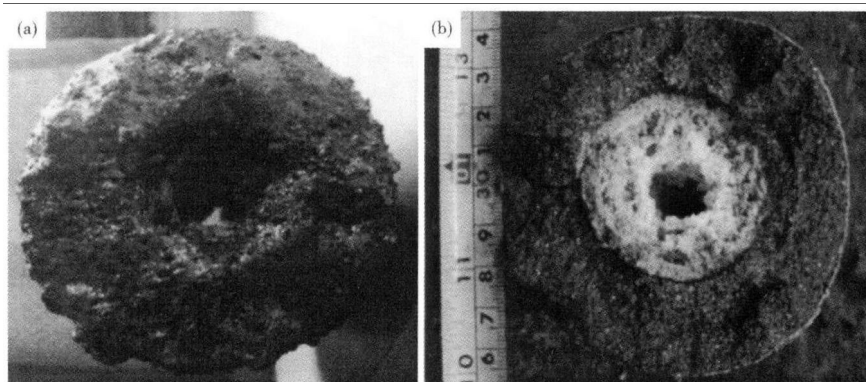


图 1 中间包水口出口(a)和渣线处(b)的堵塞物形貌

Fig. 1 Morphology of blocking matter on outlet (a) and at slag line (b) of nozzle of tundish

表 1 水口结瘤物的分析结果 / %
Table 1 Analysis results of nozzle scaffold matter / %

编号	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	TC	TFe
1 [#]	3.80	15.70	52.20	6.13	0.65	20.33
2 [#]	10.23	5.33	63.47	3.02	1.75	15.35
3 [#]	4.75	6.17	52.51	3.83	4.21	27.91

注:TC、TFe- 分别表示全碳和全铁含量。

水口残留钢棒所含夹杂物形貌和分析结果见图 2 和表 2。通过水口结瘤物和水口钢棒夹杂物的初步检验结果可以看出,水口结瘤物是由 Al₂O₃、SiO₂、MgO、CaO 以及氧化铁组成,并含微量的保护渣成分,其中主要成分是 Al₂O₃。

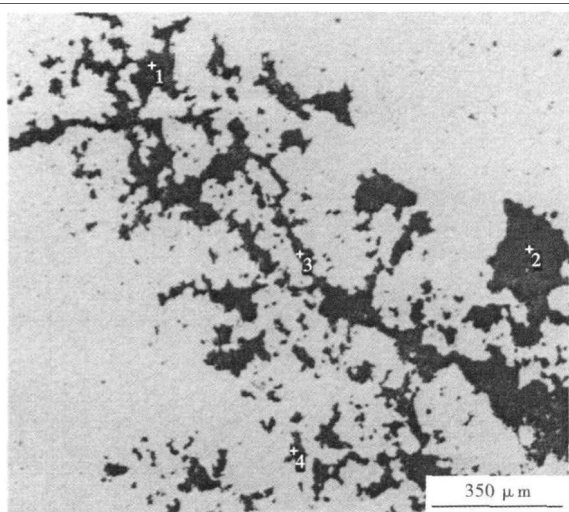


图 2 水口残留钢棒的组织形貌和分析结果,SEM

Fig.2 Morphology of structure and analysis of residual steel stock in nozzle, SEM

表 2 图 2 各分析点的化学成分 / %

Table 2 Chemical composition of each analysis point in Fig.2 / %

谱图	O	Mg	Al	S	Ca	Fe	总
1	34.51	6.52	27.12	-	28.67	3.19	100.00
2	50.26	-	27.73	-	22.01	-	100.00
3	41.55	4.65	33.47	1.42	7.59	11.32	100.00
4	42.13	-	39.06	-	16.65	2.16	100.00

再将水口结瘤物试样拿去做 X 射线衍射分析其复合夹杂物组成成分,结果显示是以下几种复合物的几率最大: Al₂O₃、MgAl₂O₄ (MgO · Al₂O₃)、CaAl₂O₇ (CaO · 2Al₂O₃)。

水口主要氧化物的来源有:

(1) Al₂O₃、SiO₂。脱氧制度影响钢液中氧化物的成分。GCr15 在电弧炉出钢时加入铝块和 Si-Mn 合金,以及精炼时所加的铝线、硅铁粉等,均能生成 Al₂O₃ 和 SiO₂, Al₂O₃、SiO₂ 聚集长大,最后上浮,从

钢水中去除,而生成的小颗粒的 Al₂O₃、SiO₂ 则滞留在钢液里^[1]。另外一种情况就是在水口区随着 Si、Al 的析出,与氧气反应生成氧化夹杂物,这两部分夹杂物在浇钢的过程中向水口壁迁移,从而在水口内表面沉积。

(2) CaO。CaO 有两个来源,一是电弧炉炉后出钢随钢流加入的活性石灰,与钢液进行混冲,出完钢再调整 Ar 气进行搅拌,混冲和搅拌都极有可能将 CaO 卷入钢液而滞留其中;二是精炼过程中加入的活性石灰(表 3)与钢中的酸溶铝反应,生成的 Ca 进入钢液中。

表 3 精炼渣成分 / %

Table 3 Ingredient of refining slag / %

项目	MgO	TiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂
精炼渣	5 ~ 10	≤0.50	≤1.00	20 ~ 30	45 ~ 55	5 ~ 15
终渣	5 ~ 10	-	≤1.00	20 ~ 25	45 ~ 60	10 ~ 20

结合以上水口氧化物的成分分析和其来源,认为 GCr15 连铸钢水流动性差,重接(将浇钢手柄由自动改为手动,人为增大钢水流量以冲刷水口壁的结瘤物,改善钢水的流动性)频繁的直接原因是脱氧产物在钢液中呈固态,浇钢时在钢液和水口内壁的交界处析出沉积,同时随着钢液温度的降低,钢液中 Al、Si 等元素与析出的氧发生反应,生产的氧化物沉积于水口,这两部分氧化物聚集碰撞形成颗粒更大的复合夹杂物(熔点依然很高)使水口孔径变小,阻碍钢流顺行,严重时将水口堵死^[2]。

2 GCr15 连铸钢水的重接特点

2.1 平均成品 Al 含量(T[Al])、Ti 含量和 Mn/Si 比对重接炉次的影响

图 3(a)显示连浇炉次(一般连铸一次浇钢 6 ~ 8 炉,这 6 ~ 8 炉称为连浇炉次)的平均 Al 含量增加,连浇炉次重接总次数有下降的趋势,这与平时传统观点认为钢水成品铝含量低不易堵水口的观点相反。图 3(b)显示降低钢液成品 Ti 含量有改善钢水流流动性的趋势。

在非铝镇静钢中加大 Mn/Si,改变钢中夹杂物的形态,防止水口结瘤,目前国内生产的 GCr15 钢主要是用 Al 脱氧,水口堵塞物主要是 Al₂O₃,有少量的 SiO₂。图 3(c)显示提高 GCr15 钢中的 Mn/Si 比同样有改善连铸钢水流流动性的趋势。

2.2 精炼周期、中间包过热度对重接次数的影响

由图 4 可见,精炼周期长和中间包开浇 20 min

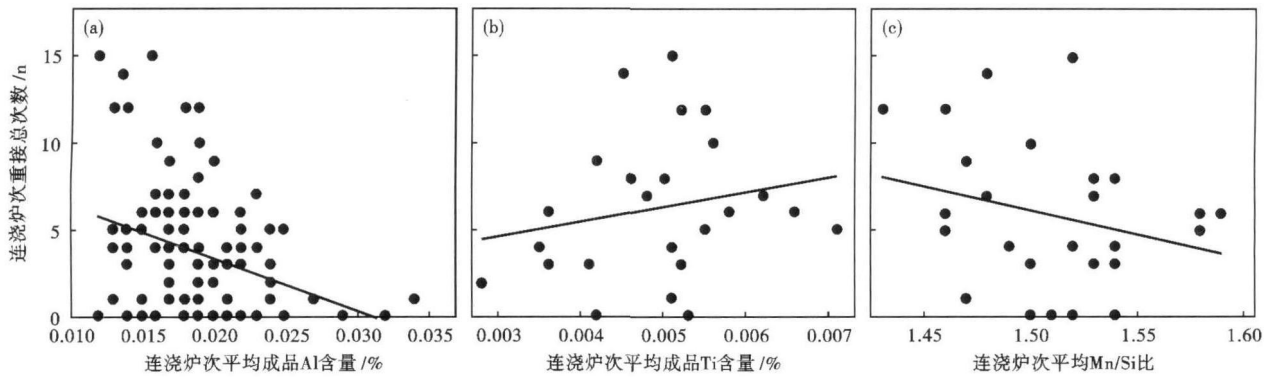


图3 Al含量(a)、Ti含量(b)和Mn/Si(c)对重接次数的影响

Fig. 3 Effect of Al (a), Ti (b) content in steel and Mn/Si (c) on rejoining times in casting

平均过热度低,不利于降低重接次数和改善钢水的流动性。

3 改进措施探讨

3.1 生产操作

(1) 提高电弧炉出钢碳,禁止过氧化出钢,减少脱氧剂的使用量,提高钢水纯净度,降低夹杂物的含量。

(2) 精炼前期做好脱氧,中后期保持白渣精炼,保证精炼和软吹时间,使脱氧产物有足够的上浮时间^[3],同时防止耐火材料侵蚀,将外来夹杂物带入钢液中。

(3) 确保连铸钢包-中间包、中间包液面、中间包-结晶器保护浇铸密封性,以及结晶器保护渣覆盖的良好性,避免钢水与空气接触造成二次氧化。

3.2 成分和温度的控制

(1) 适当提高钢水中的Al含量。传统观点认为钢中Al含量越低,钢水产生 Al_2O_3 的可能性越小,钢水的流动性也就越好,但是根据热力学Al-O平衡反应,提高钢水中的Al含量可以降低钢水中的氧,减少其他氧化物产生的几率。

(2) 降低成品钢水中的Ti含量。Ti和C、N形成的TiC和TiN夹杂物与氧化铝类似,减少Ti含量就降低了这两种夹杂物产生的可能性。

(3) 提高锰硅比。Mn控制在标准成分的上限,Si控制在下限,提高Mn/Si比,从而使钢液中有足够的MnO与 SiO_2 结合生成低熔点的 $2MnO \cdot SiO_2$,有利于改变夹杂物的形态^[4]。

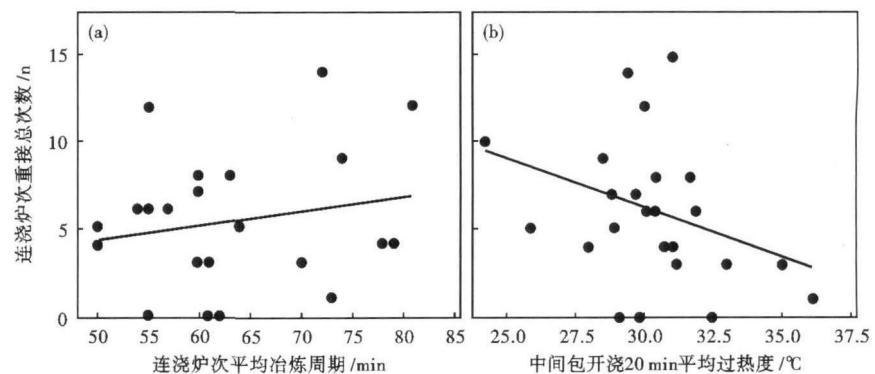


图4 平均精炼周期(a)和中间包钢水过热度(b)对重接次数的影响

Fig. 4 Effect of average refining period of concasting heats (a) and superheating extent of liquid in tundish (b) on rejoining times in casting

(4) 适当提高中间包过热度,防止因中间包内温度低而产生的冷钢影响钢水的流动性。

4 结论

提高钢水洁净度,适当提高成品Al含量,提高Mn/Si比,控制精炼时间和中间包钢水过热度,有利于提高GCr15钢水的流动性和降低重接次数。

参考文献

- 1 于平,陈伟庆,冯军,等.高碱度渣精炼的轴承钢中夹杂物研究.钢铁,2007,39(7):20
- 2 靳立山,孟凡玉,徐守亮,等.精炼钢水流动性差的原因分析与改进.山东冶金,2009,31(4):31
- 3 王超,袁守谦,陈列,等.GCr15轴承钢冶炼工艺优化.炼钢,2009,25(4):20
- 4 赵和明,廖鹏,夏文勇.改善钢水流动性的研究.2008年全国炼钢-连铸生产学术会议文集,2008:179

费三林(1982-),男,硕士,工程师,特殊钢新产品工艺研发。

收稿日期:2010-11-23