

X1215 易切削钢结晶器保护渣的开发和应用

闫卫兵¹ 林腾昌² 邢 薇² 王成杰² 王宏斌¹

(1 河北钢铁集团宣化有限公司炼钢厂, 宣化 075100; 2 北京科技大学冶金与生态工程学院, 北京 100083)

摘 要 根据炼钢厂现有结晶器保护渣 FRK-2 和 FRK-49 性能分析的结果,以 FRK-2 保护渣(∕%:32.68SiO₂、24.42CaO、3.30MgO、9.52Al₂O₃、5.40Na₂O、3.10Fe₂O₃、3.59F⁻、12.60C)为基础开发了较高碱度,保温效果好,较低粘度,有一定还原性以降低弯月面处 S 和 O 含量,并避免卷渣的 X1215 易切削钢(∕%:0.06~0.09C,≤0.10Si、1.20~1.50Mn、0.08~0.10P、0.30~0.50S)150 mm×150 mm 铸坯连铸结晶器保护渣。生产结果表明,保护渣性能达到 X1215 低碳高硫易切削钢的生产要求;连铸坯合金元素偏析度均为 0.90~1.10,S 和 Mn 偏析度分别为 0.95~1.05 和 0.98~1.03,连铸坯内部质量良好。

关键词 易切削钢 X1215 结晶器保护渣 150 mm×150 mm 连铸坯 成分偏析

Development and Application of Mold Powder for Free-Cutting Steel X1215 Casting

Yan Weibing¹, Lin Tengchang², Xin Wei², Wang Chengjie² and Wang Hongbin¹

(1 Steelmaking Works, Xuanhua Co Ltd, Hebei Iron & Steel Group, Xuanhua 075100;

2 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract According to the results of analysis on performance of present mold powder FRK-2 and FRK-49 at steel works, based on mold powder FRK-2 (∕%: 32.68SiO₂, 24.42CaO, 3.30MgO, 9.52Al₂O₃, 5.40Na₂O, 3.10Fe₂O₃, 3.59F⁻, 12.60C) a mold powder for casting 150 mm×150 mm billet of free cutting steel X1215 (∕%: 0.06~0.09C, ≤0.10Si, 1.20~1.50Mn, 0.08~0.10P, 0.30~0.50S) with higher basicity, nice holding effect, lower viscosity and definite reducing capacity to decrease S and O content in liquid at meniscus and avoiding slag entrapment has been developed. Production results show that the performance of mold powder meets the requirement for production of low carbon and high sulfur free cutting steel X1215; the segregation index of alloy elements in steel is 0.90~1.10, the segregation index of S and Mn is respectively 0.95~1.05 and 0.98~1.03; and the billet has nice internal quality.

Material Index Free Cutting Steel X1215, Mold Powder, 150 mm×150 mm Casting Billet, Composition Segregation

易切削钢的高氧、高硫含量能显著降低钢水的表面张力,使钢渣分离困难,从而造成钢渣混卷,形成大量表面及皮下缺陷,甚至造成漏钢,使易切削钢成为世界三大难以连铸的钢种之一^[1-2]。目前在易切削钢连铸工艺的开发过程中应解决的几个问题是:

(1) 化学成分的优化控制;(2) 最佳氧含量的确定及脱氧制度的选择;(3) 耐火材料的研发或选型;(4) 连铸工艺参数尤其是温度制度和冷却制度的确定;(5) 结晶器保护渣的研制及合理的后续轧制制度的配合。

针对低碳高硫易切削钢的连铸特性,在对现有结晶器保护渣进行检测分析基础上,调整保护渣成分及性能,开发出满足 X1215 易切削钢(∕%: 0.06~0.09C, ≤0.10Si、1.20~1.50Mn、0.08~

0.10P、0.30~0.50S)的连铸生产的结晶器保护渣,取得了较好的工业应用效果。

1 结晶器保护渣的作用

保护渣加到结晶器内的钢液面上后迅速溶解,形成粉料层、烧结层及熔渣层,整个渣层的厚度在 30~50 mm。铸坯以一定的拉坯速度向下运动,同时结晶器上下振动,熔渣不断流入结晶器铜壁和初生坯壳之间,形成渣膜。熔渣不断消耗,而粉渣又不断加入,以保证钢液面上的保护渣稳定的层状结构。

保护渣在连铸的过程中起如下作用:(1) 防止钢液面的再氧化;(2) 绝热保温;(3) 吸收非金属夹杂;(4) 在结晶器铜壁和初生坯壳间起润滑作用,使铸坯能顺利拉出;(5) 控制传热的速度和均匀性^[1]。

保护渣的良好作用与其化学组成、原料的物性及连铸工艺等因素有关。由保护渣在结晶器中所起

表 1 结晶器保护渣成分
Table 1 Ingredient of mold powder

钢种	保护渣	化合物或元素的质量分数/%									R_2	R_3	R_5
		SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	F ⁻	C	H ₂ O			
低碳钢	FRK-2	32.68	24.42	3.30	9.52	5.40	3.10	3.59	12.60	0.33	0.747	0.848	0.785
中碳钢	FRK-49	34.39	28.40	2.72	5.18	8.82	0.95	6.52	12.88	0.33	0.826	0.905	1.009

注: R 表示碱度, $R_2 = \text{CaO}/\text{SiO}_2$; $R_3 = (\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$; $R_5 = (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$

的作用可知,黏度与液态渣膜的厚度和均匀程度有很大的关系。黏度太大或太小,都会造成液态渣膜的过薄或过厚,使润滑和传热不良。如果保护渣的高温流动性不好,则不能在结晶器铜壁与初生坯壳之间形成厚度合适、传热均匀的熔渣层,而且还会影响保护渣的润滑作用及铸坯顺行^[3]。因此,研究保护渣流动性就成了结晶器到铸坯生产的必要环节。

2 现有连铸保护渣性能分析

2.1 现有结晶器保护渣的冶金性能

针对宣钢现有品种钢结构和结晶器保护渣情况,对两种结晶器保护渣的冶金性能进行了分析。品种钢结构与保护渣类型见表 1,保护渣物理指标见表 2。

针对两种保护渣,采用 RDS-05 全自动炉渣熔点熔速测定仪和 RTW-10 型熔体物性综合测定仪分别测定渣的熔点和黏度。FRK-2 和 FRK-49 保护渣熔点检测结果见表 3,而黏度终点检测结果见表 4。

表 2 结晶器保护渣物理性能指标

Table 2 Index of physical performance of mold powder

保护渣	半球温度/ ℃	熔速/ s	1 300 ℃黏 度/(Pa·s)	粒度/ mm	密度/ (g·cm ⁻³)
FRK-2	1 143	37	0.625	0.125~1.0	0.72
FRK-49	1 093	38	0.325	0.125~1.0	0.60

表 3 FRK-2 和 FRK-49 保护渣平均熔点的测试结果

Table 3 Measured results of average melting point of mold powder FRK-2 and FRK-49

保护渣	软化温度/℃	半球温度/℃	流动温度/℃
FRK-2	1 157.8	1 182.0	1 205.2
FRK-49	1 163.6	1 180.8	1 192.4

表 4 FRK-2 和 FRK-49 保护渣黏度的测试结果

Table 4 Measured results of viscosity of mold powder FRK-2 and FRK-49

FRK-2		FRK-49	
温度/℃	黏度/(Pa·s)	温度/℃	黏度/(Pa·s)
1 334.4	0.771	1 332.8	0.271
1 301.6	1.133	1 290.2	0.376
1 270.7	1.602	1 250.0	0.521
1 241.0	2.190	1 210.5	0.752
1 210.2	2.994	1 170.3	1.098
1 182.0	4.053	1 130.1	1.652
		1 090.6	3.824

2.2 结晶器保护渣检测结果的分析

2.2.1 半球温度(即半球点)

半球温度过高不利于渣的熔化,熔化速度减慢,形成的液渣层减薄,流入结晶器与铸坯之间的液体保护渣减少,保护渣的润滑性能减弱,易导致坯壳与结晶器之间的粘连,产生粘连漏钢。保护渣的熔化温度过低,熔化速度加快,液体渣层增厚,流入结晶器与铸坯之间的液体保护渣增加,保护渣膜增厚,使初生凝固坯壳传热不均匀,产生表面纵裂。此外,熔化温度较低,熔化速度加快,粉渣层很快消失,保护渣消耗量增加,液体渣层易结壳。根据文献,保护渣的熔化温度应不高于结晶器出口铸坯的表面温度。

2.2.2 黏度

黏度是熔融炉渣内部各液体层相对运动所产生内摩擦力大小的体现。黏度太大或太小,都会造成液态渣膜的过薄或过厚,使润滑和传热不良。熔渣的流动性好,黏度低。熔渣中高熔点的组分增多,流动性会变差。酸性渣的黏度随温度升高降低不多;碱性渣的黏度随温度升高首先迅速下降,然后慢慢降低。

3 X1215 易切削钢的结晶器保护渣开发与应用

易切削钢连铸坯常见表面缺陷是凹陷、夹渣、针孔及裂纹。填充在凝固壳和结晶器间隙的结晶器保护渣是影响铸坯表面的关键因素^[4]。易切削钢钢液中氧、硫含量高,尤其是钢液表面中氧、硫浓度极高,从而使钢液表面张力显著降低,造成钢渣分离困难,在连铸时保护渣与钢水易混卷而形成“絮状”渣团。为了消除“絮状”渣团带来的危害,要开发专用的易切削钢连铸结晶器保护渣,即具有高碱度、保温性好、黏度较低,同时还要拥有一定的还原性,通过与弯月面处 S、O 发生反应,生成的硫化物和氧化物可被保护渣吸收,从而降低弯月面处 S、O 含量,避免卷渣,因此可以加一些特定的还原剂。

基于以上分析,宣钢以 FRK-2 保护渣为基础开发了 X1215 易切削钢结晶器专用保护渣,应用于 X1215 钢连铸生产。在生产过程中分别取了开浇前期渣样、中期渣样、末期渣样,分析其成分,所得结果

表5 开发的 X1215 易切削钢的结晶器保护渣成分的分析/%

Table 5 Analysis of ingredient of developed mold powder for free cutting steel X1215 /%

取样时期	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	MFe	TFe	P	S	Na ₂ O
前期渣圈	25.8	35.4	2.49	13.6	8.31	1.3	1.45	0.056	0.51	6.95
中期渣样	21.6	30.3	2.94	7.7	6.45	17.3	19.20	0.060	0.38	5.45
末期渣圈	27.0	38.0	2.01	10.5	7.48	1.4	1.51	0.049	0.45	6.85

注:前期指开浇后 10 min,中期指开浇后 20 min;末期指开浇后 30~40 min。

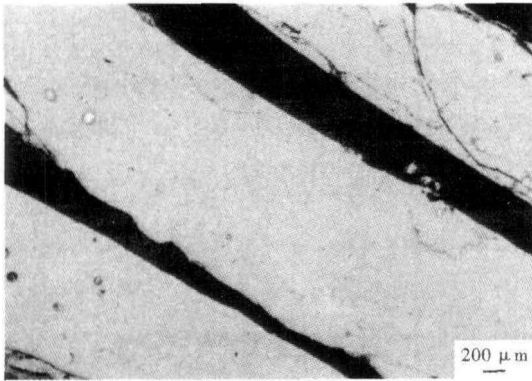


图1 开发的 X1215 易切削钢保护渣的渣圈形态

Fig.1 Morphology of slag ring of developed mold powder for free cutting steel X1215

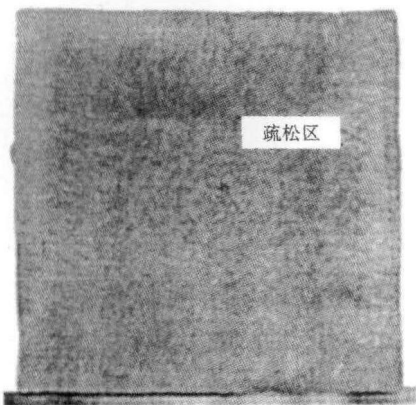


图2 X1215 易切削钢 150 mm x 150 mm 连铸坯酸浸蚀形貌
Fig.2 Morphology of acid etched 150 mm x 150 mm casting billet of free cutting steel X1215

如表5。

从能谱分析可得,渣圈成分比较均匀,成分主要为 Si、Ca、Al、Mg、Mn、O、Fe 元素,图1 中黑点状的颗粒为磨料,非常亮的部分为铁球,其他为均匀相。

基于宣钢 80 t 中间包对八流 150 mm x 150 mm 连铸机装备情况,采用 30~60 ℃ 过热度对 X1215 钢(0.06~0.09C、≤0.10Si、1.20~1.50Mn、0.08~0.10P、0.30~0.50S) 进行生产试验,将该专用保护渣应用于 X1215 易切削钢连铸实现了生产顺行。

对连铸坯的质量进行了抽检。由结果可知,连铸坯在水平方向和垂直方向上的全部元素偏析均在 0.90~1.10,S 元素基本在 0.95~1.05,Mn 的偏析度在 0.975~1.025^[5-6]。150 mm x 150 mm 连铸坯在热酸浸后发现存在一定程度的中心疏松(图2),这应该与过热度较高有关,并不影响线材轧制及产品质量。

4 结论

(1)宣钢自主开发 X1215 钢的结晶器保护渣应用于连铸生产后,效果良好,保护渣性能达到易切削钢生产要求。

(2)X1215 易切削钢的元素偏析度均在 0.90~1.10,S 元素基本在 0.95~1.05,Mn 的偏析度在 0.975~1.025。连铸坯内部质量控制良好,达到市场要求。

参考文献

- [1] 王小红,谢兵,冯仲渝. 国内外易切削钢的现状和研究进展[J]. 特殊钢,2005,26(4):26-28.
- [2] 毛志强. 国内外易切钢发展概况[J]. 汽车工艺与材料,2000(2):1-6.
- [3] 李殿明,邵明天,杨宪礼,等. 连铸结晶器保护渣应用技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2008.
- [4] 周英豪,袁仁平,郭蜀伟. Y45S20 易切削钢连铸坯的生产实践[J]. 特殊钢,2003,24(3):52-53.
- [5] 王宏斌,林腾昌,朱荣,等. X1215 易切削钢连铸坯成分偏析的研究[J]. 北京科技大学学报,2011,33(S1):161-164.
- [6] 刘旭峰,赵建忠,翟启杰,等. CSP 工艺生产 SPA-H 钢的宏观偏析[J]. 钢铁研究学报,2007,19(4):102-106.

闫卫兵(1970-),男,硕士,高级工程师,河北钢铁集团公司宣化钢铁公司,从事炼钢生产技术工作。

收稿日期:2012-12-31

欢迎全国各冶金机械及相关行业
 在《特殊钢》杂志上刊登宣传广告