

SAE1084 高碳钢铸坯表面缺陷分析与工艺优化

王帅，陈事，朱平

江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司炼钢厂，淮安 223002

Surface defect analysis and process optimization of SAE1084 High Carbon Steel billet

Wang Shuai, Chen Shi, Zhu Ping

Steelmaking Works, Huaigang Special Steel Co Ltd, Jiangsu Shasteel Group, Huaian 223000, China

1.前言

SAE1084 是一种高碳钢，某钢厂在生产该钢种的过程中，主要存在两个问题：一是结晶器内渣条多，影响正常的生产操作，需要工人进行捞渣操作；二是产生的铸坯表面存在较为明显的纵向渣沟，渣沟深度在 2mm~5mm 之间，铸坯需进行人工修磨，严重的需进行报废处理，严重影响产品质量和制造成本。针对高碳钢铸坯表面质量问题，开展生产过程出现的结晶器内渣条多和铸坯表面渣沟的原因分析，并进行相关的工艺优化试验，以期改善铸坯质量。

2.SAE1084 生产工艺和化学成分

某公司生产的高碳钢 SAE1084 主要化学成分为： $w([C])=0.81\%\sim 0.85\%$ 、 $w([Si])=0.19\%\sim 0.34\%$ 、 $w([Mn])=0.63\%\sim 0.83\%$ 、 $w([P])\leq 0.020\%$ 、 $w([S])\leq 0.015\%$ 、 $w([Al])=0.015\%\sim 0.023\%$ 。炼钢生产过程采用“铁水脱硫→转炉→LF 精炼→方坯连铸”生产路线。

3.原因分析

SAE1084 钢种在连铸浇铸过程中，结晶器内出现渣条多、铸坯表面存在 2mm~5mm 纵向渣沟。相关文献研究认为^[1]，高碳钢种高温塑性差，高温抗拉强度低，在钢水静压力下坯壳和结晶器壁紧密接触，拉坯过程中坯壳受到的摩擦力大，坯壳易于结晶器壁粘结，且坯壳之间重接能力差，容易导致粘结漏钢。由于浇铸温度低，再加上强大的结晶器水冷能力，使原始保护渣粘度在结晶器内表现为粘稠上升趋势，如果保护渣的粘度设计稍有偏高，往往铸坯表面会出现振痕扭曲和摩擦痕迹现象，所以高碳钢保护渣要适应高碳钢的低温浇铸且应在低温浇铸条件下发挥应有的润滑作用。因此，不合适的保护渣指标设计和性能是目前保护渣在使用过程中容易产生渣条和渣沟的直接原因^[2]。

针对此问题，国内外钢厂技术人员从工艺、生产操作的角度分析了高碳钢表面渣沟形成的原因，并有针对性地提出诸如降低结晶器冷却强度、降低浸入式水口插入深度等一系列的控制措施，这些措施的间接目的是提高保护渣的熔化性能^[3]。

4.优化改进

对于钢液浇铸过程结晶器内液渣层厚度是最有意义的综合指标^[4]，对于任何一个钢种，其液渣层的厚度需 $\geq$ 振幅+正常液面波动值，否则就将引起渣条和卷渣；振幅愈大、液面波动愈大的铸机要求的液渣层厚度愈大^[5]，本文主要从保护渣性能方面进行优化设计，并进行工业生产试验。

4.1 保护渣性能优化

保护渣通常没有固定的熔点，因为保护渣是几个氧化物的混合物，为此保护渣的熔化性能通常使用半球点温度和熔化时间（即：熔化速度）来共同评价；熔化温度需和钢种浇注温度相匹配，熔化温度相对钢种液相线过高时，会导致保护渣在弯月面结渣过大甚至形成渣条，影响液态渣的流入，熔速对保护渣的液渣层厚度有着直接的影响，而熔点和熔速又直接影响了保护渣的消耗和润滑。有资料表明，降低熔化温度有利于提高液渣层厚度、降低熔化温度有利于降低摩擦阻力^[5]。

所谓粘度就是熔融保护渣的流动性能，粘度愈低流动性能愈好，相对同一台铸机的同一种结晶器状态的同一钢种来讲，粘度愈低消耗量愈大，在连铸生产过程中，结晶器向上振动时是保护渣的流入过程，而向下振动的过程是保护渣受挤出的过程^[6]。

因此，在现有保护渣性能指标的基础上将保护渣的熔点从 1180℃降低至 1000~1100℃之间。保护渣的粘度从现有的 1.2 Pa.s/1300℃下调至 0.15~0.5 Pa.s/1300℃之间，原结晶器保护渣和试验保护渣指标如表 2 所示。试验保护渣的熔点、粘度均进行了下调，且熔速也适当加快。尤其是试验 B 渣的熔点和粘度下调的幅度更大。

表 2 保护渣性能指标
Table 2 Property index of original mold slag

保护渣参数 项目	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	F	TC%	熔速 s/1350℃	粘度 Pa.s/1300℃	熔点/℃
原保护渣	33.3	5.0	21	3.5	7.0	15.5	35	1.2	1180
试验 A 渣	36	9.0	27.6	3.8	2.6	11.46	38	0.35	1050
试验 B 渣	34.3	6.3	25.6	2.5	2.6	15.5	40	0.2	1020

4.2 试验结果

在同一浇次的 SAE1084 生产中分别试验了两种保护渣，为对比原保护渣生产情况，分别在方案一试验了原保护渣，方案二试验了 A 保护渣，方案三使用 B 保护渣，生产过程相关试验结果如表 3 所示。由表 3 可知，原保护渣使用过程中仍然存在较多的渣条现象，保护渣消耗量和液渣层厚度均较低，尤其是液渣层厚度只有 6mm；同样，试验 A 渣时，渣耗量和液渣层厚度虽然有所提升，但仍然偏低，尤其是液渣层厚度满足不了本次的设计需求；试验 B 渣时，渣耗量上升至 0.28Kg/t，液渣层厚度达到了 11mm，基本达到了设计需求，从过程监测来看，试验 B 渣的润滑效果更好。

表 3 试验浇次各流情况统计
Table 3 Statistics of each flow during the test pouring

保护渣类型	渣耗量	液渣层厚度	结晶器冷却水流量	结渣条/圈现象	方案
原保护渣	0.17kg/t	6 mm	110 m ³ /h	较多	一
试验 A 渣	0.22 kg/t	7 mm	110 m ³ /h	无	二
试验 B 渣	0.28 kg/t	11 mm	110 m ³ /h	无	三

通过对现场的铸坯进行表面检查、铸坯低倍酸洗，查看试验炉次的铸坯质量情况，相应的检测图片如图 1-2 所示。

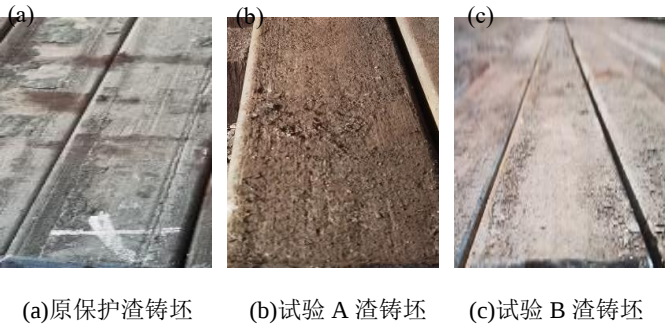
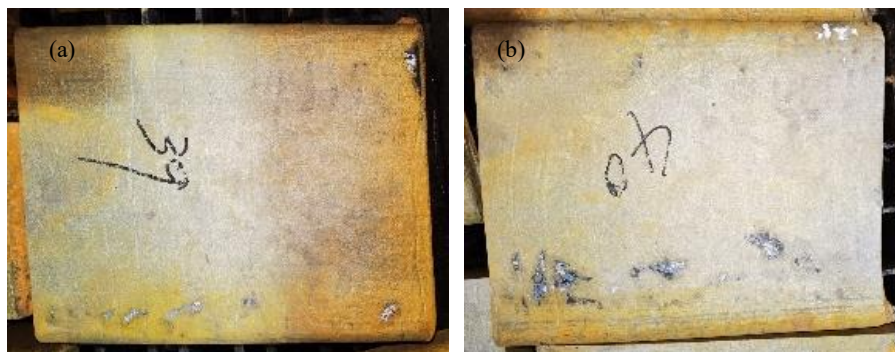


图 1 各试验条件下铸坯冷检情况

Fig.1 Cold inspection of the surface of each flow billet



(a) 第 5 流低倍

(b) 第 6 流低倍

图 2 试验 5-6 流铸坯纵向低倍酸洗情况

Fig.2 Horizontal pickling low magnification of 5,6 flow billet

由图 1 可知，原保护渣下铸坯仍然存在明显的渣沟现象，且深度较深达到了判废的标准，试验 A 渣下铸坯表面渣沟控制情况有所好转，但仍然存在肉眼可见的小渣沟和润滑不良现象，试验 B 渣下铸坯表面渣沟情况控制良好，无肉眼可见渣沟且表面酸洗结果良好，未发现表面裂纹，振痕清晰无渣沟。

5.结论

（1）高碳钢 SAE1084 表面渣沟的形成原因是保护渣理化指标不合适，熔点偏高、粘度偏高。

（2）通过优化保护渣理化指标，增加结晶器内液渣层厚度到 11mm、保护渣的消耗量提高为 0.28Kg/t，提高结晶器内的润滑效果，达到改善铸坯表面质量的目的。

（3）保护渣熔点从 1180℃降低至 1020℃，粘度从 1.2 Pa.s/1300℃下调至 0.2 Pa.s/1300℃，熔速从 35s/1350℃提高至 40s/1350℃，铸坯表面渣沟改善效果更好，表面酸洗良好无裂纹且振痕清晰规则。

参考文献

- [1] 朱立光,唐国章,万爱珍,等.高速连铸保护渣粘度特性的研究.钢铁,2000,35(11):23-25.
- [2] Mills KC,Fox AB,LiZ, et al.Performance and properties of mould fluxes[J].Ironmaking and Steel-making,2005,32 (1):26-33.
- [3] 万爱珍,朱立光,王硕明.连铸保护渣粘度特性及机理研究.炼钢,2000,16(2):23 -25.
- [4] 王彦锋,许中波,陈贵江. CSP 工艺生产的薄板坯连铸表面纵裂纹缺陷研究[J]. 钢铁, 2002, 37(12): 21.
- [5] 韩文殿,仇圣桃,朱果灵.无氟结晶器保护渣的发展[J].钢铁研究,2003(2):53-56.
- [6] 黄虹,金山同.连铸用保护渣的粘度与流动性关系的研究.炼钢,2003,19 (4):43.