

# 中碳锰钢用结晶器保护渣的分析研究

王爱兰, 刘平, 李峰

(包钢(集团)公司技术中心, 内蒙古 包头 014080)

**摘要:**通过对中碳锰钢钢种特点及其对保护渣要求的深刻剖析, 结合包钢的生产实际, 对方、圆坯中碳锰钢生产所用保护渣的使用性能和理化性能进行了综合分析研究。

**关键词:**中碳锰钢; 结晶器; 保护渣

**中图分类号:**TF777

**文献标识码:**B

**文章编号:**1009-5438(2007)05-0016-03

## Research on the Casting Powder of Medium Carbon Steel Containing Manganese

WANG Ai-lan, LIU Ping, LI Feng

(Technical Center of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou 014010, Nei Monggol, China)

**Abstract:** This paper analyses the characteristic of medium carbon steel containing manganese and the demand to casting powder. Combining the production practice of Baotou Steel Corp., it researches the using performance, physical and chemical properties of the casting powder used on the billet of medium carbon steel containing manganese.

**Key words:** medium carbon steel containing manganese; mould; casting powder

中碳锰钢(34Mn6、37Mn5等)铸坯表面存在的纵裂缺陷, 主要和结晶器弯月面区域初生坯壳厚度的不均匀性有关。而结晶器保护渣是影响铸坯表面纵裂的原因之一, 通过现场跟踪取样, 分析研究了结晶器保护渣的使用性能和理化性能, 提出了生产中碳锰钢用保护渣的选择方向。

### 1 钢种特点及对保护渣的要求

中碳锰钢与其它钢种相比具有以下的特点: ①导热率低(仅为中碳钢的  $1/3 \sim 1/2$ ), 钢液凝固缓慢<sup>[1]</sup>, 树状晶发达, 对产生裂纹的铸坯断口进行电镜扫描, 晶粒为00级。②易产生裂纹, 中碳锰钢  $w[C]$  在  $0.3\% \sim 0.4\%$  之间, 当  $w[C] < 0.50\%$  时, 钢液结晶有  $\delta$  铁素体生成, 依含碳量的不同, 随着温度的下降, 生成的  $\delta$  铁素体在向奥氏体转变过程中常伴有凝固收缩, 产生热应力, 对裂纹的敏感性很大, 极易

导致纵向裂纹的产生<sup>[2]</sup>。所以浇注中碳锰钢关键在于控制好凝固坯壳所受的热应力。

中碳锰钢用结晶器保护渣的基本功能与其它连铸保护渣相同, 在满足连铸工艺的条件下, 中碳锰钢用结晶器保护渣关键要控制好结晶器壁与凝固坯壳间的传热。

### 2 生产流程及保护渣理化指标

生产工艺流程: 铁水预处理—80 t 转炉冶炼—LF 钢包炉精炼—方、圆坯连铸机。

方坯生产 37Mn5 用结晶器保护渣为 A 厂生产的 X1#、X2#。圆坯生产 37Mn5 和 34Mn6 用结晶器保护渣为 A 厂生产的 X3#、B 厂生产的 L1# 和 C 厂生产的 T1#。生产跟踪中, 发现各厂家保护渣性能有较大的差异。方、圆坯生产中碳锰钢用保护渣的理化性能见表 1, 表 2。

收稿日期: 2007-05-10

作者简介: 王爱兰(1968-), 女, 内蒙古包头市人, 炼钢工程师, 现从事炼钢辅助材料的研究工作。

表 1 保护渣的化学成分

渣号	$w(\text{SiO}_2)$	$w(\text{CaO})$	$w(\text{MgO})$	$w(\text{Al}_2\text{O}_3)$	$w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$	$w(\text{F})$	$w(\text{MnO})$	$w(\text{C})$	$R$
X1 <sup>#</sup>	32.32	20.83	0.90	6.32	1.45	4.36	0.072	19.80	0.64
X2 <sup>#</sup>	30.30	19.50	5.76	3.61	1.80	5.60	1.48	17.32	0.64
X3 <sup>#</sup>	32.10	29.40	3.60	3.53	1.28	5.90	1.98	16.97	0.92
L1 <sup>#</sup>	30.22	26.25	3.71	5.02	1.14	6.00	1.83	15.67	0.87
T1 <sup>#</sup>	31.40	24.00	4.18	6.23	1.05	3.48	0.051	5.53	0.76

表 2 物理性能

渣号	熔点/℃			流速 /s	1300℃粘度 /(Pa·s)	结晶温度 /℃	凝固温度 /℃
	软化	半球	流动				
X1 <sup>#</sup>	1146	1198	1225	53	1.20	不明显	1084
X2 <sup>#</sup>	1130	1208	1221	51	0.29	不明显	1042
X3 <sup>#</sup>	1127	1168	1186	49	0.28	1210	1095
L1 <sup>#</sup>	1120	1203	1204	43	0.45	1190	1080
T1 <sup>#</sup>	1192	1237	1257	52	0.88	不明显	1085

表 2 中,熔点是在 GX-III 型高温物性测试仪上按  $(13 \pm 2)^\circ\text{C}/\text{min}$  升温速度测定的,粘度是在高温物性综合测定仪上在  $1300^\circ\text{C}$  时测定的,凝固温度是从粘度—温度曲线所得,结晶温度是在 SHIT- II 型熔化结晶温度测定仪上,当熔渣升到  $1350^\circ\text{C}$  时按  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  降温速度测定的。

渣圈的理化性能见表 3。

表 3 渣圈的理化性能

渣圈	$R$	$w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ /%	$w(\text{MgO})$ /%	$w(\text{MnO})$ /%	$w(\text{F})$ /%	$w(\text{C})$ /%	MnO 增长率 /%	熔点 /℃	1300℃ 粘度/(Pa·s)
X1 <sup>#</sup>	0.6	11.23	0.98	5.80	4.9	0.47	5.72	1123	0.80
X3 <sup>#</sup>	0.9	5.66	6.77	3.78	6.9	0.20	1.80	1163	0.29

### 3 中碳锰钢用结晶器保护渣研究

#### 3.1 方坯生产用结晶器保护渣

从表 1 看出, X2<sup>#</sup> 是在 X1<sup>#</sup>  $R$  不变的前提下,原渣中含有 1.4% 的 MnO, 同时  $w(\text{MgO})$  比 X1<sup>#</sup> 提高了 4.86%,  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  比 X1<sup>#</sup> 减少了 2.71%。从表 2 知,两种渣的粘度截然不同。图 1 为方坯两种熔渣在同样温降下的粘度变化曲线。

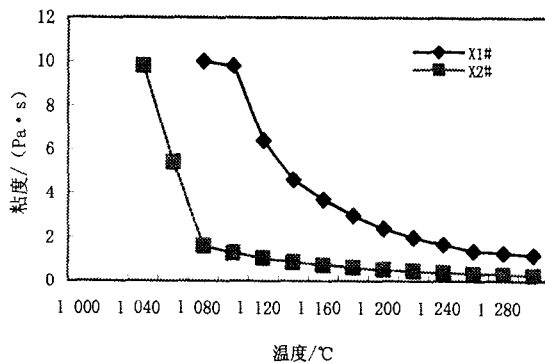


图 1 方坯用保护渣温度—粘度曲线

从表 3 知, X1<sup>#</sup> 的渣圈与原渣相比,渣圈中 MnO

增加 5.728%, 粘度、熔点有所降低。外观看渣圈较大,绝大部分呈透明玻璃状。通过岩相分析表明,渣圈基本呈玻璃相,其间分布有大小不等直径小于 5 mm 的铁珠,局部有少量的气孔,在边缘 0.5 mm 范围内可见少量黄长石、枪晶石从玻璃相中析出。从渣圈岩相分析知,少量的结晶相是在熔渣凝固过程中逐渐析出的。

通过分析得知,方坯生产用结晶器保护渣具有以下特点:

(1) X1<sup>#</sup> 具有高粘度、高凝固温度的特点。高粘度可减少渣耗,液渣层相对增厚,使流入铸坯与结晶器间隙的液渣均匀且充分。较高凝固温度使固态渣膜厚度增加,减缓结晶器与铸坯间的传热。均匀的温度—粘度曲线,保证熔渣在冷却过程中有较好的性能稳定性。

(2) X2<sup>#</sup> 具有低粘度、低凝固温度的特点,低粘度可增大下渣量使 MnO 不能在渣中富集,减少其对保护渣理化性能的影响,同时增加了渣膜厚度,使铸坯实现了缓冷,以减轻坯壳局部应力造成的负面影响。低凝固温度使熔渣在高温状态下具有较好的稳

定性,不会由于结晶器弯月面处温度的波动而使其使用性能产生大的变化,保证润滑。但其固态渣膜较薄,控制铸坯传热能力稍差,浇注中碳锰钢时铸坯表面易出现纵裂。

(3)两种渣性能不同但都可从不同侧面削弱了铸坯表面受局部热应力的影响。

### 3.2 圆坯生产用结晶器保护渣

从表 1 知,圆坯生产所用 3 种渣组分中相差较大的是  $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{F}$  和  $\text{MnO}$ 。X3# 和 L1# 原渣中分别含有 1.98% 和 1.83% 的  $\text{MnO}$ , T1# 原渣中不含  $\text{MnO}$ 。3 种渣的熔渣在同样温降下的温度—粘度曲线见图 2。

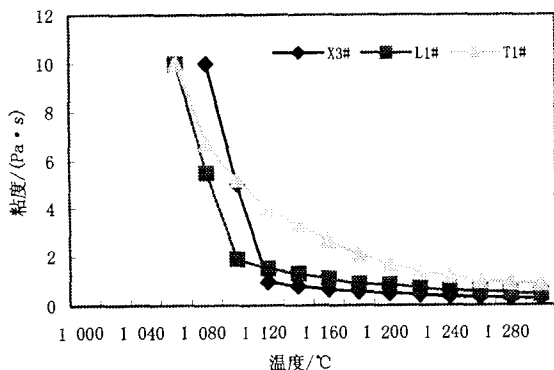


图 2 圆坯用保护渣温度—粘度曲线

在其使用过程中,取 X3# 保护渣渣圈进行了理化性能和岩相分析,从表 3 知, X3# 保护渣渣圈中  $\text{MnO}$  含量与原渣相比增加 1.8%,比原渣中不含  $\text{MnO}$  的 X1# 渣圈中  $\text{MnO}$  的增加少很多,熔点与粘度没变化。渣圈从外观看较长且薄,表面粗糙,大部分呈黄褐色和灰色,小部分呈玻璃状,有明显的分层现象。岩相分析结果如下:基本分为黄色、灰色和黑色 3 层。在靠近铸坯一侧主要是渣圈中黄色区域,由黄长石,还有少量的枪晶石组成,约占 50% 左右,在黄色区域另一侧是灰色区域,由枪晶石和少量的玻璃相组成,约占 20% 左右,在靠近结晶器边缘是黑色区域,是玻璃相,大约占 30% 左右。通过对渣圈的岩相及理化性能的分析, X3# 熔渣在冷却过程中凝固行为与 X1# 截然不同, X3# 熔渣首先析出晶体,在析晶过程中逐渐凝固的。

圆坯用保护渣具有以下特点:

(1) X3# 和 L1# 原渣中都含有  $\text{MnO}$ , 具有较高  $R$ , 低粘度、高结晶温度、低凝固温度的特点。从粘度—温度曲线看,拐点明显。较高的  $R$  和结晶温度

可以得到一定比例的结晶渣膜,控制结晶器的传热,减少裂纹的发生,低的粘度可以保证一定的渣耗量,使  $\text{MnO}$  不能在渣中富集,减少其对保护渣理化性能的影响,同时增加了渣膜厚度,使铸坯实现了缓冷,减轻坯壳局部应力造成的负面影响,低凝固温度可使熔渣在高温状态下有较好的稳定性,减少因结晶温度高、渣膜结晶比率大而造成的粘结拉漏,保证液态渣膜在结晶器与铸坯间的充分润滑,适合浇注裂纹敏感性钢种。低的熔点可使熔融的保护渣在弯月面处有较好的稳定性。

(2) L1# 比 X3# 的粘度高、熔化区间宽和凝固温度低。高粘度减少渣耗,液渣层相对增厚,流入铸坯与结晶器间隙的液渣均匀且充分。熔化区间宽和凝固温度低可使熔渣在高温状态下更为稳定,在拉速提高的情况下,也能使结晶器上部铸坯表面的渣膜处于粘滞的流动状态,且在浇注中不宜产生渣圈。

(3) T1# 原渣中不含  $\text{MnO}$ , 具有高粘度、高熔点和低凝固温度的特点。从其粘度—温度曲线看,拐点不明显,随温度降低,曲线变化均匀,熔渣在冷却过程中没有明显的结晶现象。低的凝固温度,均匀的温度—粘度曲线,保证熔渣在冷却过程中有较好的性能稳定性,保证铸坯与结晶器间润滑,但其熔点较高,粘度较大,在使用过程中有熔化不均现象,熔化性能需进一步改善。

中碳锰钢易产生裂纹与高温时的相变收缩有关,在不同的生产工艺条件下,只有保证结晶器保护渣理化性能的合理搭配,才能更好地调节铸坯与结晶器间的润滑和铸坯传往结晶器的热流,从而减少铸坯表面纵裂的产生。

## 3 结论

(1) 在方坯用渣中, X1# 具有高粘度、低  $R$  的特点,能够实现低拉速下铸坯的稳定传热,更适合方坯生产中碳锰钢的要求。

(2) 在圆坯用渣中, X3# 和 L1# 具有高  $R$ 、高结晶温度和低粘度的特点,能控制高拉速下铸坯与结晶器间的传热,适合圆坯中碳锰钢生产的要求。

## 参 考 文 献

- [1] 胡林江. 提高高锰钢质量的方法[J]. 铸造, 2003, (7):60.
- [2] 高蒙. 直弧型板坯连铸机铸坯表面纵裂成因分析及预防[A]. 全国炼钢、轧钢生产技术会议文集[C]. 2004, 473.