

## C72DA 钢连铸时避免结晶器钢水卷渣的工艺实践

刘欣

(济南钢铁集团石横特殊钢公司, 肥城 271612)

**摘要** 通过对 150 mm × 150 mm 方坯结晶器钢水流场的模拟和卷渣机理的分析, 改进了连铸的有关工艺参数: 浸入式水口浸入深度由 70 ~ 80 mm 提高到 120 ~ 135 mm; 浸入式水口下口直径由 25 mm 增大至 32 mm; 保护渣粘度由 0.38 Pa · s 提高到 0.40 Pa · s; 结晶器钢液面波动由 ±5.0 mm 降低到 ±3.0 mm。结果使 C72DA 钢的夹杂物合格率由 92.10% 提高到 99.51%。

**关键词** C72DA 钢 · 结晶器 卷渣

## Process Practice to Avoid Entrapped Slag Inclusion of Molten Steel in Mold during Steel C72DA Concasting

Liu Xin

(Shiheng Special Steel Co, Jinan Iron and Steel Group, Feicheng 271612)

**Abstract** Based on simulation of molten steel flow field in mold for 150 mm × 150 mm billet and analysis on slag inclusion mechanism, the relative process parameters for concasting have been improved including increasing immersion depth of submerged nozzle to 120 ~ 135 mm from original 70 ~ 80 mm, enlarging lower vent diameter of submerged nozzle to 32 mm from 25 mm, increasing viscosity of mold flux to 0.40 Pa · s from 0.38 Pa · s, and mold molten steel level fluctuation decreased to ±3.0 mm from ±5.0 mm, as a result the qualified rate for inclusion rating in steel C72DA increased from 92.10% to 99.51%.

**Material Index** Steel C72DA, Mold, Entrapped Slag Inclusion

石横特殊钢公司二炼钢厂(简称二炼钢)有 65 t Consteel 电弧炉 1 台, 配有 65 t LF 1 台, 65 t VD 1 台, R9m 4 机 4 流连铸机 1 台, 生产 C72DA 钢(150 mm × 150 mm 方坯)供高速线材车间制备 Φ5.5 mm 的线材, 下游用户用于拉拔 0.2 mm 的钢帘线, 其纯净度、内外质量要求严格(表 1)。但在生产过程中, 因钢材中夹杂物数量和尺寸超标, 经常出现拉拔断丝现象。通过电镜对夹杂物的分析, 认为此类夹杂物为结晶器保护渣。

### 1 结晶器流场模拟和卷渣分析

水模型实验结果表明: 从水口出口出来的高温钢水与结晶器壁坯壳相碰撞, 形成上、下两个回流(图 1(a)、(b))。上回流流股沿结晶器壁向上运动, 造成弯月面附近的钢水面波动; 因水口对中不良、堵塞或冲刷侵蚀造成偏流, 也会带来弯月面附近的钢水面波动。

经分析, 结晶器钢水卷渣可分为以下 3 种:

表 1 C72DA 钢化学成分和夹杂物要求

Table 1 Requirement for chemical composition and inclusion in steel C72DA

化学成分/%						气体含量/10 <sup>-6</sup>		夹杂物最大级别								
C	Si	Mn	P	S	Cu	[O]	[N]	A类		B类		C类		D类		Ds类
								粗	细	粗	细	粗	细	粗	细	
0.70~0.74	0.15~0.25	0.47~0.57	≤0.020	≤0.020	≤0.10	≤20	≤40	1.0	1.5	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5

(1) 结晶器铜管内壁卷渣。在结晶器壁附近, 由于表面流体的不稳定流动, 将保护渣卷入钢水, 如图 1(c) 所示。卷入的渣滴有可能重新上浮至渣-钢界面, 也有可能被凝固坯壳前沿捕捉, 形成皮下夹

渣。

(2) 回流卷渣。当浸入式水口插入深度过浅而拉坯速度较低时, 流股冲击不到结晶器窄面, 流股上回流流到水口侧面附近, 其向下的分速度把保护渣

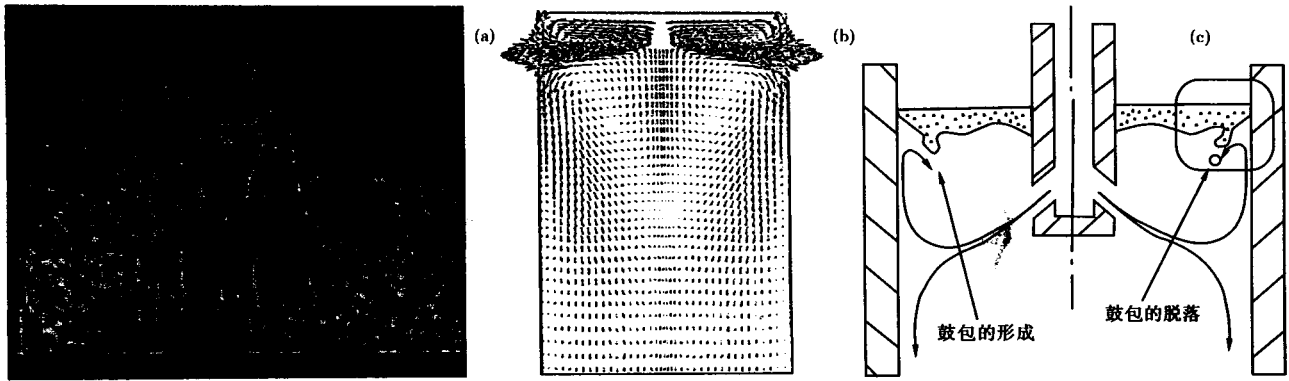


图 1 结晶器显示流场(a)和计算流场(b)的模拟图;(c)结晶器壁卷渣机理示意图

Fig. 1 Simulating figure of displayed flow field (a) and calculated flow field (b) in mold; (c) schematic of mechanism of entrapped slag inclusion of molten steel at wall of mold

卷入钢水,被水口流股捕捉,进入结晶器造成卷渣。

(3)旋涡卷渣。旋涡是由于水口对中不良、水口堵塞或水口因冲刷侵蚀,造成水口两侧流股出口速度和方向不对称,产生偏流引起的。

由此归纳出衡量卷渣倾向的卷渣指数:

$$J = V \times h / (t \times H \times g)$$

式中:J- 卷渣指数;V- 拉坯速度;h- 1/10大波值(在每一个检测时间段内,出现的最长波长的1/10值);t- 开始卷渣时间;H- 水口浸入深度;g- 重力加速度。

影响h的参数有:结晶器的结构参数、浸入式水口的结构参数、拉坯速度、水口浸入深度、水口吹气量等。

### 2 解决结晶器卷渣的措施

二炼钢改进的主要工艺参数(表2)为:

(1)水口浸入深度。水口浸入钢液深度过浅,容易回流卷渣;如过深,增加了夹杂物和气泡卷入铸坯深处的机会,且由于热点下移,增大了漏钢几率,并造成化渣不良,润渣不好。由实践可知,合适的浸入钢液深度为 120 ~ 135 mm。

表 2 C72DA 钢连铸工艺改进前后有关参数的对比

Table 2 Comparison of relative parameters of steel C72DA concasting process before and after improvement

工艺	水口浸入钢液深度/mm	水口直径/mm		拉坯速度/(m·min <sup>-1</sup> )	保护渣粘度/(Pa·s)	渣层厚度/mm		结晶器液面波动/mm
		下口	上口			液渣	粉渣	
改进前	70 ~ 80	25	85	1.65 ~ 1.85	0.38 ± 0.005	8 ~ 12	30 ~ 40	±5
改进后	120 ~ 135	32	85	1.50 ~ 1.70	0.40 ± 0.005	11 ~ 15	20 ~ 25	±3

(2)水口出口面积。原使用的浸入式水口下口直径为 25 mm,上口直径为 85 mm,因下口小,造成下口出口射流速度快,对液面的冲击强度较强,液面波动幅度大;同时下口容易附着冷钢,易形成偏流,旋涡卷渣可能性增大。为此,改浸入式水口下口直径为 32 mm,上口不变。实践表明,卷渣几率显著减小。

(3)拉坯速度。拉坯速度较快,保护渣熔融结构变化,熔渣层厚度变薄,粉渣层卷入钢液的几率增大;拉速太慢,容易造成回流卷渣,由此规定了钢帘线钢的工作拉速为 1.50 ~ 1.70 m/min。

(4)保护渣粘度。在保证保护渣能顺利流入结晶器与铸坯表面之间的缝隙的情况下,适当增大保护渣粘度,保证合适的液渣层厚度在 10 ~ 15 mm,粉渣层厚度 ≤ 25 mm,由此使用的钢帘线钢专用保护

渣粘度控制在(0.40 ± 0.005) Pa·s(1300℃)。

(5)结晶器液面自动控制系统的精度。实践证明,结晶器液面幅度较大的,渣圈发达,卷渣几率明显增加。通过攻关,结晶器液面自动控制系统的精度,由结晶器液面波动幅度 ± 5 mm 降至 ± 3 mm。

### 3 结语

通过改进工艺后有关措施的实施,显著降低了钢帘线钢等高纯净度钢的夹渣废品。经统计,钢帘线钢 C72DA 因夹杂物级别高改判或判废的比率,由改进前的 7.90% 降至改进后的 0.49%。

刘欣(1974-),男,工程师,1998年包头钢铁学院毕业,从事连铸技术管理工作。

收稿日期:2006-08-14