

真空中间包保温技术应用研究

胡文¹, 周建安^{1*}, 职建军², 吕立华², 王怡¹, 王宝¹

1. 武汉科技大学材料与冶金学院, 武汉 430080

2. 宝山钢铁股份有限公司, 上海 201900

Research on Application of vacuum tundish insulation technology

Hu Wen¹, Zhou Jianan^{1*}, Zhi Jianjun², Lv Lihua², Wang Yi¹, Wang Bao¹

1. School of Materials and Metallurgy, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430080, China

2. Baoshan Iron & Steel Co., LTD., Shanghai 201900, China

1. 前言

连铸工艺是钢铁冶金中应用最广泛的钢材成型技术, 连铸中间包在其中起到稳定地将钢液输送到结晶器中的重要作用。钢液在中间包内的状态和质量严重影响钢材的品质。钢液在中间包内的热损失会导致钢液过热度较大, 钢液出口温度低。从而造成铸坯表面缺陷增加、浸入式水口结瘤等危害。

为了避免上述危害发生, 中间包钢液温度控制成为了提高铸坯质量的关键技术。目前成熟的中间包钢液控温技术包括覆盖剂保温、纳米绝热板保温、电磁感应加热[1]、等离子体加热[2][3]等技术。覆盖剂和纳米绝热板保温造价便宜、工艺简单, 但是其保温效果较差, 纳米绝热板易吸水粉化等缺点限制其应用。等离子体加热和电磁感应加热技术对钢液加热效果好, 但是存在对中间包改造大、投资费用高、加热噪音大等缺陷。

真空稀薄气体由于其热传导和热对流系数低, 具有良好的隔热保温效果[4]。因此提出了中间包真空保温技术[5][8]。真空保温技术工艺简单、对中间包改动量小、保温效果好等优势, 具有良好的应用前景。基于此本研究结合中间包工业实际应用情况, 研究了宝钢某型两流中间包真空改造前后的相应温度变化。

2. 中间包浇注试验

对常规中间包和真空中间包进行浇注过程测温工业试验, 探究真空改造前后中间包钢液和包壁温度的分布情况。真空中间包在原有的常规中间包基础上改造而来, 所用材料材质和性能指标均与常规中间包相同。改造过程中提前将热电偶预埋如中间包内壁。对浇注过程中的真空中间包外钢壳和内钢壳的温度进行测试, 其中采用便携式激光测温仪对中间包外钢壳进行测温, 采用铠装式热电偶方式对中间包壁内钢壳进行测试, 如图 1 所示。对同类型的常规中间包生产同一钢种时的外壁温度以同样的方式进行测温。同时测试应用真空中间包保温技术前后 RH 炉的出钢温度和 RH 炉精炼结束到中间包过程的钢液平均温降。

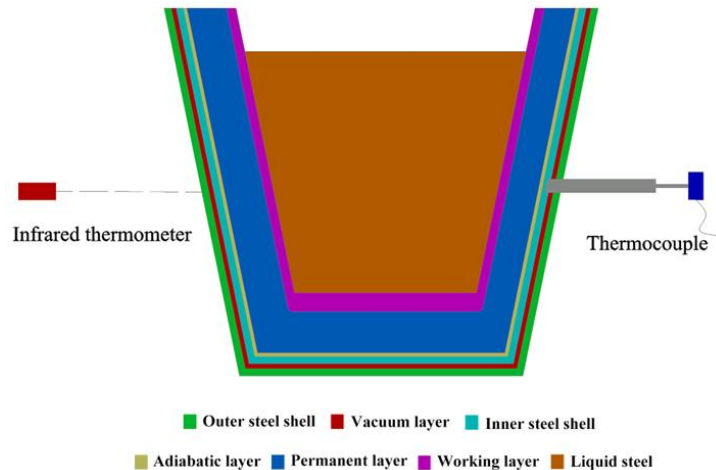


图 1 中间包测温示意图

Fig.1. Temperature measurement diagram of tundish

3.结果与讨论

如图 2 为工业实验过程中常规中间包和真空中间包外壁测温点温度随浇注炉次变化曲线图，从图中可以看出，经过 6 炉浇注后常规中间包外壁的温度为 90℃~110℃，真空中间包的外壁温度比常规中间包的外壁温度降低 40℃~60℃。改造后，真空中间包纵向、横向和包底的外壁温度分别为 50℃、45℃、60℃，包底温度略高于纵向外壁和横向外壁温度。

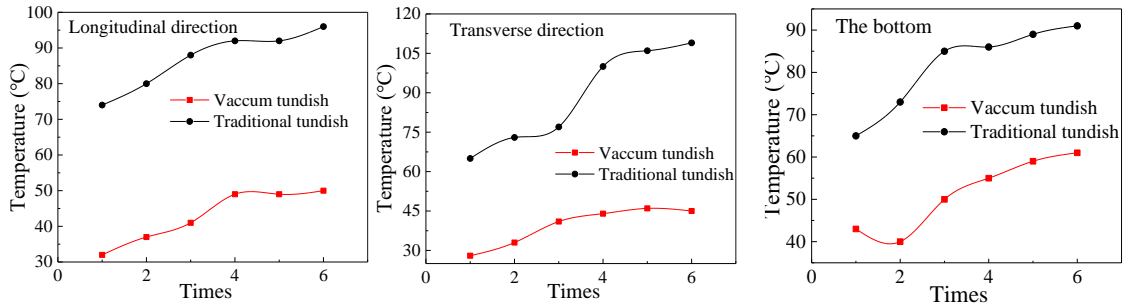


图 2 中间包外壁温度随浇注炉次变化曲线

Fig.2. Tundish outer wall temperature change curve with casting furnace times

图 3 为经过多次浇注试验得到的真空中间包内侧钢壳热电偶测温结果，从图中可以看出，随着浇注炉次的增加内侧钢壳温度呈上升趋势。在浇注 7 炉后，真空中间包纵向、横向和底部的内侧钢壳温度分别为 190℃、225℃、200℃。

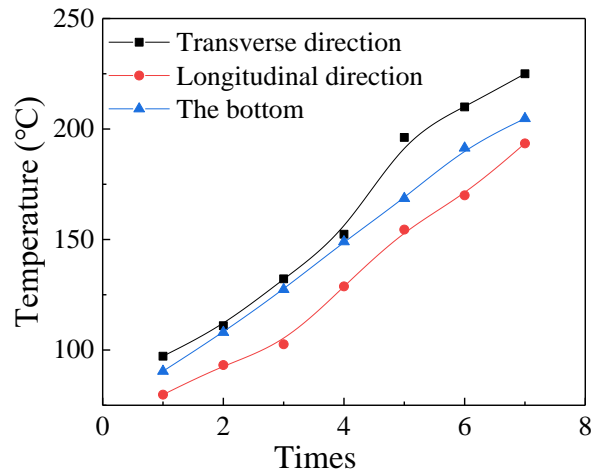


图3 真空中间包内钢壳温度随炉次变化

Fig.3. The temperature of the inner steel shell of the vacuum tundish varies with the furnace times

图4 为使用真空中间包和常规中间包时 RH 炉的出钢温度和平均温降对比，可以看出经过真空改造以后，中间包的保温能力得到增强。在使用常规中间包时，RH 炉的出钢温度为 1592.6°C，而在使用真空中间包后，RH 炉的出钢温度降低至 1590.6°C，这说明真空中间包可以降低 RH 炉的出钢温度。使用真空中间包后，RH 炉精炼结束到中间包的钢液平均温降由 27.1°C 降低至 25.1°C。

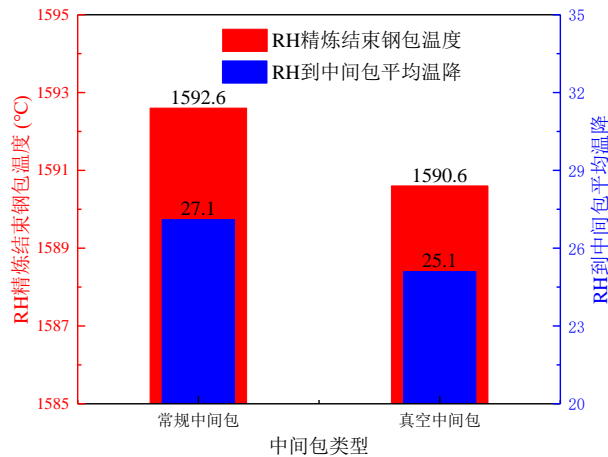


图4 应用真空中间包技术前后钢液温度情况

Fig.4. Temperature of molten steel before and after using vacuum tundish technology

4. 结论

1. 包壁温度测试结果表明，相比于常规中间包，经过真空改造后中间包外壁浇注温度下降。中间包纵向、横向和包底的外壁温度分别降低 45°C、60°C、35°C。对真空中间包内钢壳测温结果显示：真空中间包纵向、横向和包底的内钢壳温度分别为 190°C、225°C、200°C。

2. 对钢液温度测试结果表明，应用真空中间包技术可以将 RH 炉出钢温度降低 2°C，并且使钢液从 RH 炉精炼结束到中间包过程中的平均温降降低 2°C。

参考文献

- [1]. Wang Z, Li Y, Wang X, et al. Channel-Type Induction Heating Tundish Technology for Continuous Casting: A Review[J]. *Materials*, 2023, 16(2): 493.
- [2]. Zhao M, Wang Y, Yang S, et al. Flow behavior and heat transfer of molten steel in a two-strand tundish heated by plasma[J]. *Journal of Materials Research and Technology*, 2021, 13: 561-572.
- [3]. Zhao M, Wang Y, Yang S, et al. Flow Field and Temperature Field in a Four-Strand Tundish Heated by Plasma[J]. *Metals*, 2021, 11(5): 722.
- [4]. Fricke J, Heinemann U, Ebert H P. Vacuum insulation panels—From research to market[J]. *Vacuum*, 2008, 82(7): 680-690.
- [5]. 周建安, 谢剑波, 王宝, 等. 新型真空壳钢包研发[J]. *炼钢*, 2017, 33(2): 38-42.
- [6]. 魏康. 真空中间包温度场数值模拟及实验研究[D]. 武汉科技大学, 2015.
- [7]. Xie J, Zhou J, Zhou L, et al. Thermal analysis of walls in a new-type billet caster tundish with a vacuum shell[J]. *Journal of Iron and Steel Research International*, 2017, 24(5): 501-507.
- [8]. Zhou J, Xie J, Wang B, et al. New insight into investigation of thermal transfer of molten steel inside a ladle with vacuum shell[J]. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2017, 128: 481-489.