

## 60 t 中间包内钢水温度预测模型

田建国

(宝钢集团浦东钢铁有限公司技术中心, 上海 200126)

**摘要** 根据 800 炉(300 t 钢包)样本的多元回归分析,建立了 60 t 中间包内钢水温度- $T_{\text{中间包}}/^\circ\text{C}$  的预测模型:  $T_{\text{中间包}} = -66.7499 + 1.03196 T - 0.76824 x_1 - 0.00750 x_2 + 0.23253 t - 0.60624 t^2 - 9.39124 \times 10^{-6} t^3$ 。式中:  $T$ -钢包到达回转台时钢水温度/ $^\circ\text{C}$ ;  $x_1$ -钢包浇铸前搁置时间/min;  $x_2$ -中间包烘烤时间/min;  $t$ -钢包钢水浇铸时间/min。对中间包内预测温度统计分析结果表明,中间包钢水预测温度与实测温度之间的误差小于  $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

**关键词** 60 t 中间包 钢水温度 多元回归 预报模型

## Model of Predication for Temperature of Molten Steel in a 60 t Tundish

Tian Jianguo

(Technical Center, Pudong Iron and Steel Co Ltd, Baosteel Group, Shanghai 200126)

**Abstract** Based on multi-component regression analysis on samples of 800 heats (300 t ladle), the model of predication for temperature of 60 t molten steel in tundish -  $T_{\text{tundish}}$  has been established:  $T_{\text{tundish}} = -66.7499 + 1.03196 T - 0.76824 x_1 - 0.00750 x_2 + 0.23253 t - 0.60624 t^2 - 9.39124 \times 10^{-6} t^3$ , where  $T$ - temperature of molten steel in ladle arriving at turntable / $^\circ\text{C}$ ;  $x_1$ - laying aside time of ladle before casting /min;  $x_2$ - baking time of tundish /min;  $t$ - casting time of molten steel in ladle /min. The results of statistic analysis on prediction temperature of molten steel in tundish showed that the error temperature of molten steel in tundish between predicted value and measured value was less than  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

**Material Index** 60 t Tundish, Temperature of Molten Steel, Multi-Component Regression, Prediction Model

从 20 世纪 80 年代中期起,各国大力发展中间包冶金学,相继出现中间包容量大型化、中间包筑挡墙、中间包喂线以及中间包加热等技术<sup>[1]</sup>。为使连铸过程顺利进行并保证铸坯质量,必须准确控制中间包内钢水温度,其要点是确定合适的钢水过热度,故须充分了解中间包的热状态及钢水温降的规律<sup>[2]</sup>。

在对宝钢一炼钢厂的 60 t 中间包浇铸过程进行现场测试和分析的基础上,采用多元回归建立了中间包钢水温度预报模型。

### 1 工艺及数据分析

一炼钢厂 3 座 300 t 氧气复吹转炉,拥有 RH、CAS、LF、KIP 精炼设备和 2 台 2 流连铸机以及 300 t 钢包和 60 t 矩形中间包。选取 2003 ~ 2004 年的工艺数据 800 炉作为样本,对一炼钢厂中间包浇铸过程工艺数据进行了系统全面的分析,通过实验设计获得最佳工艺数据配置,为多元回归提供可靠的数据依据(表 1)。

经统计分析得出:(1) 钢包到达回转台时,钢

水温度在 1 560 ~ 1 600  $^\circ\text{C}$  区间的频率为 96.30%; (2) 钢包浇铸前在回转台的搁置时间在 2 ~ 40 min 区间的频率为 94.70% (表 2); (3) 中间包烘

表 1 中间包钢水温降影响因素数值范围

Table 1 Numerical value range of factors to influence temperature drop of molten steel in tundish

范围	钢包到达回转台时钢水温度/ $^\circ\text{C}$	钢包浇铸前搁置时间/min	中间包烘烤时间/min	钢包钢水浇铸时间/min
最大值	1 600	40	2 000	60
最小值	1 540	0	150	0

表 2 钢包到达回转台钢水温度和钢包在回转台搁置时间的频率分布

Table 2 Frequency distribution of temperature of molten steel for ladle arriving at turntable and laying aside time of ladle before casting

钢包至回转台		钢包在回转台	
钢水温度/ $^\circ\text{C}$	频率/%	搁置时间/min	频率/%
< 1 560	2.1	> 2 ~ 10	30.3
> 1 560 ~ 1 580	53.4	> 10 ~ 20	33.3
> 1 580 ~ 1 600	42.9	> 20 ~ 30	22.1
> 1 600	1.6	> 30 ~ 40	9.0
		> 40	5.3

表 3 中间包烘烤时间和钢包钢水浇铸时间的频率分布  
 Table 3 Frequency distribution of baking time of tundish and casting time of molten steel in ladle

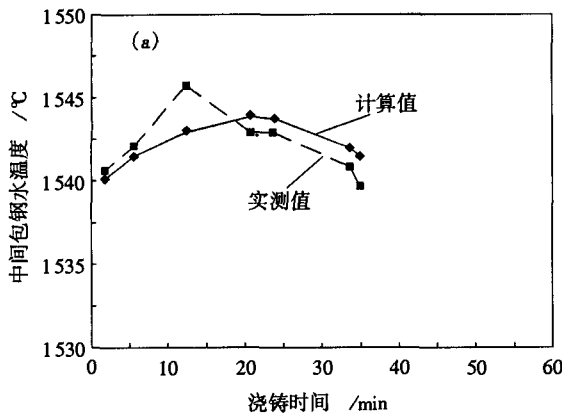
中间包		钢包钢水	
烘烤时间/min	频率/%	浇铸时间/min	频率/%
<150	4.81	<30	1.80
150 ~ <650	77.96	30 ~ <40	31.60
650 ~ <1150	7.01	40 ~ <50	48.56
1150 ~ <2000	5.14	50 ~ <60	12.16
>2000	5.08	>60	5.88

烤时间在 150 ~ 2 000 min 区间的频率为 90.11%；  
 (4) 回转台钢包钢水浇铸时间在 30 ~ 60 min 区间的频率为 92.32% (表 3)。

2 多元回归建模

由正交设计筛选出合理数据,经多元回归得到中间包钢水温度  $T_{\text{中间包}}$  的回归模型:

$$T_{\text{中间包}} = -66.7499 + 1.03196 T - 0.76824 x_1 - 0.00750 x_2 + 0.23253 t - 0.60624 t^2$$



$$-9.39124 \times 10^{-6} t^3$$

式中:  $T$ -钢包到达回转台时钢水温度/°C;  $x_1$ -钢包浇铸前搁置时间/min;  $x_2$ -中间包烘烤时间/min;  $t$ -钢包钢水浇铸时间/min。

在多元回归的基础上,可以得出各影响因素对温降的作用效果,即各自变量的偏相关系数为:钢水温度  $V(1) = 0.999995$ ;钢包浇铸前搁置时间  $V(2) = 0.937644$ ;中间包烘烤时间  $V(3) = 0.528523$ ;钢包钢水浇铸时间  $V(t) = 0.841275$ ;钢包钢水浇铸时间  $V(t^2) = 0.878339$ ;钢包钢水浇铸时间  $V(t^3) = 0.138225$ 。由此可知,钢包内钢水温度、钢包浇铸前搁置时间、钢包钢水浇铸时间、中间包烘烤时间对回转台钢包浇铸过程中间包钢水温度影响显著。

经计算,上式的  $F$  检验为:

$$F = 3744.4 > 4.02 = F_{0.99}(4, 30)$$

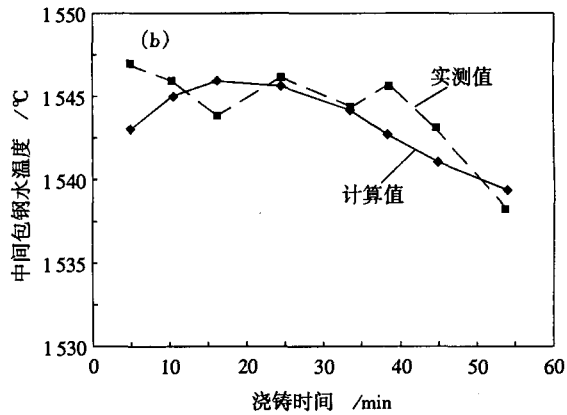


图 1 中间包钢水温度实测温度与预测温度对比:(a) 炉号 109341;(b) 炉号 110364

Fig.1 Comparison of temperature of molten steel in tundish between predicted value and measured value: heat 109341 (a) and 110364 (b)

3 模型验证与分析

从一炼钢厂生产实绩数据库中,抽取工艺数据(炉号:109341和110364)输入中间包钢水温度预报系统,对钢水温度进行定量预测,统计分析得出,预测温度与实际温度之间的误差均在  $-5 \sim +5$  °C 之间,预测温度与实测温度吻合。中间包钢水温度预测结果与实测结果比较见图 1。

4 结论

建立的模型预测中间包内钢水温度的误差  $\leq \pm 5$  °C,能有效分析主要工艺参数(初始钢水温

度、浇铸时间、中间包热状态等)对中间包钢水温度的影响。

参考文献

- 1 吴晓东,刘青,徐安军.宝钢炼钢厂连铸中间包钢水温度的研究.钢铁,2001,36(8):19
- 2 蔡开科.连铸中间包钢水温度控制.第一届全国炉外处理学术会议论文集.中国金属学会,1992,367

田建国(1976-),男,工程师,2005年江苏大学毕业,从事炼钢工艺研究。