

CAS 密封吹氩精炼终点钢水温度的预报模型

田建国

(江苏大学材料科学与工程学院, 镇江 212013)

摘要 采用多元回归分析建立了 300 t CAS 精炼(密封吹氩调整成分)终点钢水温度- $T_{\text{钢包}}/^\circ\text{C}$ 的预测模型: $T_{\text{钢包}} = t - (-920.64 + 0.064\ 362\ 5\ x_1 + 0.187\ 162\ x_2 + 0.581\ 293\ t + 0.003\ 662\ x_3)$, 式中 x_1 -钢水搁置时间/min; x_2 -精炼处理时间/min; x_3 -合金加入量/kg, t -处理开始钢水温度/ $^\circ\text{C}$ 。对预测温度统计分析结果表明, 该模型对 CAS 精炼终点温度的预测误差在 $\pm 5\ ^\circ\text{C}$ 和 $\pm 10\ ^\circ\text{C}$ 时的命中率分别为 87% 和 95%。

关键词 CAS 密封吹氩精炼 钢水温度 多元回归 预报模型

Model of Prediction for End Temperature of Molten Steel in CAS Refining

Tian Jianguo

(School of Materials Science and Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013)

Abstract Based on multicomponent regression analysis, the model of prediction for end temperature of molten steel - T_L in CAS- composition adjustment by sealed argon bubbling refining has been established: $T_L = t - (-920.64 + 0.064\ 362\ 5\ x_1 + 0.187\ 162\ x_2 + 0.581\ 293\ t + 0.003\ 662\ x_3)$, where x_1 - molten steel laying aside time /min; x_2 - refining treated time/min; x_3 - amount of added alloy /kg; t - temperature of molten steel at beginning of treatment / $^\circ\text{C}$. The results of statistic analysis on prediction temperature showed that the hitting probability of prediction deviation of $\pm 5\ ^\circ\text{C}$ and $\pm 10\ ^\circ\text{C}$ was 87% and 95% respectively.

Material Index CAS Refining, Temperature of Molten Steel, Multicomponent Regression, Model of Prediction

对于宝钢一炼钢厂的 CAS 工序而言, 获得合格的钢水温度和成分是其操作的主要目的, 也是产品质量合格的前提和保障^[1]。CAS 终点钢水温度直接影响连铸的浇注, 它关系到炼钢工艺过程的顺利进行, 因此, 建立一个钢水温度预报模型, 实现对 CAS 终点温度的精确控制有重要意义^[2]。

本文以宝钢一炼钢厂的 CAS 精炼为研究对象, 利用多元回归方法对宝钢 300 t 钢包钢水在 CAS 精炼过程的温降进行了研究, 分析了合金加入量、精炼开始时刻钢水温度、钢水浸泡时间、精炼处理时间等对 CAS 终点钢水温度的影响^[3~5]。

1 工艺及数据分析

1.1 CAS 处理工艺原理

CAS 密封吹氩搅拌工艺在精炼处理开始时, 使用非氧化性渣底部吹氩气对钢液进行搅拌, 并加入少量合金调整成分, 同时可以采用电弧和氧气对钢水进行升温。整个钢水精炼过程中, 钢水被剧烈搅拌, 可认为钢包内钢水温度是均匀的。

1.2 工艺数据分析

以 1 000 炉数据作为样本, 对宝钢一炼钢厂 CAS 精炼过程工艺数据进行了系统全面的分析, 并使用正交实验设计以获得最佳工艺数据配置, 为回归提供可靠准确的数据依据(表 1)。

表 1 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

范围	加入合金量/ kg	钢水搁置 时间/min	精炼开始时 钢水温度/ $^\circ\text{C}$	精炼处理 时间/min
最大值	2 200	50	1 640	45
最小值	200	5	1 580	5
极差	2 000	45	60	40

(1) 经统计分析得出: 精炼前钢水温度在 1 580 ~ 1 640 $^\circ\text{C}$ 之间的频率为 96.08%; (2) 钢水精炼处理时间在 10 ~ 40 min 之间的频率为 92.46%; (3) 钢水精炼过程合金加入量在 200 ~ 2 200 kg 之间的频率为 85.12%; (4) 钢水浸泡时间在 5 ~ 50 min 之间的频率为 98.48%。

根据上述统计结论在正交试验中各参数的主要取值也集中在上述范围内。

2 多元回归建模

经正交设计筛选出合理数据,然后进行多元回归处理得到 CAS 精炼过程中钢水温度随各个因素变化的回归模型为:

$$T_{\text{钢包}} = t - \Delta t = t - (-920.64 + 0.064\ 362\ 5\ x_1 + 0.187\ 162\ x_2 + 0.581\ 293\ t + 0.003\ 662\ x_3)$$

式中: $T_{\text{钢包}}$ -CAS 终点钢水温度/℃; Δt -精炼过程钢水温降/℃; t -处理开始钢水温度/℃; x_1 -钢水搁置时间/min; x_2 -精炼处理时间/min; x_3 -合金加入量/kg。

经计算,上式的 F 检验为:

$$F = 147.75 > 4.01 = F_{0.99}(4, 95)$$

3 模型验证与分析

3.1 回归模型对 CAS 终点温度预测结果分析^[2]

从宝钢一炼钢厂生产实绩数据库中,随机抽取 200 组数据输入钢水温度预报系统,对 CAS 精炼终点温度进行定量预测,对预测结果进行统计分析,预测温度与实际温度之间的误差在 $-5 \sim +5$ ℃之间的命中率为 87%,预测温度与实际温度的误差绝对值小于 10 ℃的命中率为 95%。CAS 终点温度与精炼过程温降的预测结果见图 1。

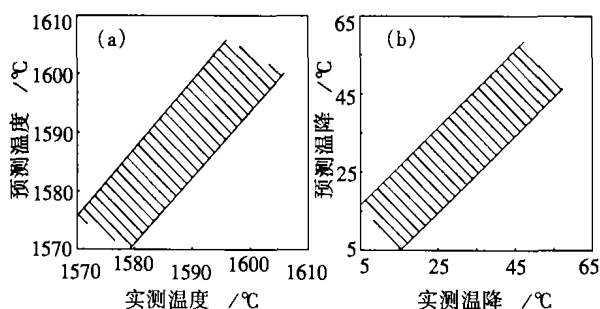


图 1 CAS 精炼终点钢水实测温度与预测温度对比 (a); 实测温降与预测温降对比 (b)

Fig. 1 Comparison between measured and predicted end temperature of molten steel (a) and measured and predicted temperature drop of molten steel (b) in CAS refining

3.2 预报误差的来源分析^[2-10]

预报误差主要来源有:(1) 现场温度测量使用热电偶,由于钢包内钢水温度的不均匀性,热电

偶的位置对温度数据的可靠性有很大影响;(2) 一炼钢 CAS 精炼过程加入合金种类较多,热化学反应复杂,各类合金加入次序也会影响钢水温度,为了简化建立模型的复杂性,把各类合金总量作为模型参数之一,也会影响模型的精度;(3) 钢包热状态对该阶段钢水温降也有影响,统计结果表明,自出钢后,钢水传输至此,钢包的传热已基本趋于平衡,钢包材质影响较小且因受数据采集来源的限制,没有考虑这一因素;(4) 宝钢一炼钢厂转炉标准出钢量 300 t,由于现场操作实际情况,出钢量上下有浮动。CAS 精炼过程钢水量按 300 t 统一考虑也会影响预测精度;(5) CAS 开盖后第一次测温不成功或其它人为因素的影响,同样也会影响预测精度。

4 结论

(1) 利用多元回归建立模型能较好的预测 CAS 终点温度,并能很好的分析主要工艺参数(钢水温度、处理时间等)对终点温度的影响。

(2) 本模型运行时,预测误差在 ± 5 ℃以内的命中率为 87%,预测误差在 ± 10 ℃以内的命中率为 95%。

参考文献

- 1 房荣波,魏元,杨海峰.转炉钢水出钢温度的预测.鞍钢技术,2002(4):24
- 2 李亮,姜周华,王文忠,等.VD 炉终点钢液温度预报.钢铁,2003,38(1):16
- 3 何平,米谷明,刘浏,等.CAS-OB 钢包精炼炉计算机控制系统开发.冶金自动化,2001,18(5):20
- 4 龙和平.连铸 20 t 转炉出钢过程钢液温降规律的研究.钢铁研究,2000(6):8
- 5 吴扣根,蒋国昌,洪新,等.37Mn5 连铸钢水的温降规律.钢铁研究学报,2001,13(5):24
- 6 王明林,刘浏,何平.抚钢炼钢厂钢水温降规律的研究.钢铁,2002,37(3):14
- 7 刘浏,杨强,张春霞.RH 精炼钢水温度预报模型.钢铁研究学报,2000,12(2):15
- 8 杨强,刘浏.电炉出钢过程温降规律的研究.炼钢,1999,15(1):32
- 9 黄云,齐振亚,董履仁.利用人工神经网络系统预报钢水温度.炼钢,2001,17(5):43
- 10 武拥军,姜周华,姜茂发,等.LF 炉精炼过程钢水温度预报模型.钢铁研究学报,2002,14(2):9

田建国,男,28 岁,在读研究生,从事炼钢工艺研究。