

30 MVA 锰硅合金炉生产指标数理分析

陈 建 武

(湖南铁合金厂 湘乡 411400)

摘 要 根据 30 MVA 锰硅合金电炉实际生产数据,利用多元线性回归方程与高斯最小二乘法,分析了二次电压、二次电流、三元碱度、硅渣配加量、出铁次数对生产综合指标的影响情况,通过分析,分清了影响因素的主次,并据此提出了电炉的合理操作建议。

关键词 锰硅合金电炉 多元线性回归方程 高斯最小二乘法 生产指标

中图分类号 TF642 **文献标识码** A **文章编号** 1005—6084 (2000) 01—0043—03

MATHEMATICAL ANALYSIS OF PRODUCTION QUOTA FOR 30 MVA ELECTRIC MANGANESE SILICON ALLOY FURNACE

Chen Jianwu

(Hunan Ferroalloy Works Xiangxiang 411400)

ABSTRACT Based on production data on 30 MVA electric Manganese Silicon alloy furnace, influence of secondary voltage, secondary current, ternary alkalinity, Silicon slag charge and iron tapping number on production quota was analyzed with multivariate linear regression function and Gauss least square method. According to analyzed results, good operational proposal was put forward.

KEY WORDS electric Manganese Silicon alloy furnace, multivariate linear regression function, Gauss square least method, production quota

1 前 言

锰硅合金作为铁合金第二大品种,竞争焦点是规模成本,集中体现在生产综合指标,即产量、回收率、电耗上。在产品、冶炼工艺、原料条件(即物化性能与粒度组成)基本相同,生产正常的情况下,不同的操作,对

生产指标的影响各不一样。因而研究二次电压、二次电流、三元碱度、硅渣、出铁次数对生产综合指标(冶炼技术值)的影响,非常重要。笔者通过多元线性回归,找出各因素对冶炼技术值的影响程度及主次顺序,利用高斯最小二乘法求出各因素与技术值最优近似数学关系式,以便指导今后生产。

2 多元线性回归方程

湖南铁合金厂 30 MVA 锰硅合金电炉，因各种原因从 1991 年投产以来，一直未连

续正常生产过，现仅根据统计报表及原始记录，选取 1993、1996、1998 年生产正常月份白班数据齐全的部分进行整理、分析。

冶炼技术值与各影响因素数据见附表。

附表 电炉冶炼技术值与各影响因素数据

日期	班产量×回收率 电 耗	二次电压 / V	二次电流 / kA	三元碱度	硅渣 / t	出铁次数
1993.6.30	0.560	172.4	95.3	0.606	0	3
1993.7.01	0.385	172.4	95.7	0.696	0	3
1993.7.04	0.508	172.4	97.3	0.695	0	3
1993.7.19	0.385	172.4	91.3	0.562	0	3
1993.7.20	0.549	172.4	93.0	0.601	0	3
1996.8.04	0.558	187.3	93.3	0.592	0	2
1996.8.05	0.460	187.3	91.0	0.543	0	2
1996.8.14	0.761	187.3	75.5	0.578	0	2
1996.8.15	0.650	187.3	83.3	0.547	0	2
1996.8.17	0.875	187.3	85.3	0.596	0	2
1996.8.18	0.480	187.3	79.7	0.617	0	2
1998.6.04	0.651	179.9	100	0.742	1.62	3
1998.6.05	0.881	179.9	101	0.755	1.71	4
1998.6.15	0.720	179.9	98.3	0.579	2.16	4
1998.6.16	0.946	179.9	101.3	0.556	2.44	4
1998.6.21	0.584	179.9	98.0	0.547	3.84	4
1998.6.22	0.916	179.9	98.3	0.482	2.34	4

设冶炼综合指标技术值与因素的多元线性回归方程形式为：

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5$$

式中：Y——冶炼综合指标技术值，Y=班产量×回收率/班单位电耗；

x_1 ——二次电压；

x_2 ——二次电流；

x_3 ——三元碱度；

x_4 ——硅渣配用量；

x_5 ——班出铁次数；

b_0 ——常数项；

b_i ——偏回归系数（标准回归系数为 b'_i ）。

经计算整理得回归方程为：

$$Y = -28.1 + 14.56 \times 10^{-2}x_1 + 1.08 \times 10^{-2}x_2 + 63.41 \times 10^{-2}x_3$$

$$+ 61.08 \times 10^{-2}x_4 + 2.69 \times 10^{-3}x_5$$

(1)

碱度 $R = 0.87$ 。由 (1) 式可知，线性回归方程比较理想。各因素标准回归系数 b'_1 (10.1) $> b'_2$ (2.25) $> b'_4$ (0.35) $> b'_3$ (0.11) $> b'_5$ (0.02)，各因素对冶炼综合技术值影响程度顺序为：二次电压 $>$ 二次电流 $>$ 硅渣量 $>$ 三元碱度 $>$ 出铁次数。

3 高斯最小二乘法

为进一步了解操作因素与冶炼综合指标值的影响关系，采用高斯最小二乘法，求出各因素与综合技术值最优近似数学关系式：

$$Y_i = b_{0i} + b_{1i}x + b_{2i}x^2$$

式中：Y——综合技术值；

b_{0i} ——各关系式常数项；

b_{ij} ——影响系数。

计算、整理得二次电压与综合技术值关系式:

$$Y = -114.2866 + 1.2656x - 3.4798 \times 10^{-3}x^2 \quad (2)$$

二次电流与综合技术值关系式:

$$Y = 25.63 - 0.55x + 3.018 \times 10^{-3}x^2 \quad (3)$$

硅渣用量与综合技术值关系式:

$$Y = 0.563 + 22.688 \times 10^{-3}x + 49.292 \times 10^{-3}x^2 \quad (4)$$

三元碱度与综合技术值关系式:

$$Y = 1.241 - 1.628x + 1.028x^2 \quad (5)$$

4 分析讨论

4.1 二次电压对生产综合技术值的影响

从 (2) 式可以看出, 电压值越高, 综合技术值越低。这是由于电压高, 电极不易深插, 炉内高温区上移, 锰的挥发损失增加, 且锰硅主要元素依靠炉渣电阻发热进行还原。电压高, 电弧发热占的比率升高, 电阻发热的比率降低, 炉内渣的温度不均衡, 造成局部高温区, 不利于碳还原渣中的 MnO 和 SiO_2 反应的进行。但电压过低, 又使炉子的电损失增加, 功率因数低, 产量大幅度下降, 影响生产指标。经综合考虑, 选择 30MVA 锰硅合金电炉电压, 可借鉴国家特等炉指标 (115 t/d, 4 300 kVA, 80%), 通过 (2) 式计算出电压为 177.3 V, 即 14 级 179.9 V 为较佳。

4.2 二次电流对综合技术值的影响

从 (3) 式知, 较高的二次电流, 综合技术值大, 有利于指标改善。因为一部分电流以焦炭作为导体在电极间形成三角形回路, 电流放出的热量使炉料融化和大量元素还原; 另一部分是通过融池形成星形回路, 用于保持融池温度和进一步还原。但二次电流过高, 虽会加快炉料融化和元素还原, 也会使融池内合金温度过高 (过热), 硅、锰气化加大, 损失增加。而过低电流, 还原反应缓慢, 融池温度过低, 产量减少。控制合适的

二次电流, 关系到冶炼指标好坏, 同样也可借助国家特等炉指标, 根据 (3) 式算得二次电流 = 98 kA。

4.3 碱度对冶炼综合指标影响

由 (5) 式知, 碱度过高过低对冶炼综合指标不利。这是因为, 要使 SiO_2 充分还原, 就要提高 SiO_2 的活度, 炉渣碱度过低, 虽 SiO_2 活度增加, 但渣子粘度也增大, 使炉渣传导、传质恶化, 不利于 SiO_2 的还原, 并造成排渣困难, 炉内引起翻渣, 炉底温度低, 熔池坍塌缩小, 化料减慢, 生产效率低下。而过高碱度虽可以改善炉渣传导、传质, 但是单凭增加炉料中的 CaO 、 MgO 含量来达到提高碱度, 会造成渣量大量增加, SiO_2 活度降低, SiO_2 还原热力学条件恶化。且成渣温度降低, 炉内温度提不高, CaO 与 SiO_2 大量结合成硅酸钙等, 造成综合指标差。同样, 通过 (2) 式可算出控制碱度 $R = 0.678$ 较为合适。

4.4 硅渣对生产综合指标影响

冶炼中配加硅渣, 能使硅在炉内起还原剂作用的比率增加, 不仅能产生大量热量提高炉温, 还能有效地改善炉内还原反应条件, 同时能使 SiO_2 加入量大大减少, 从而减少熔剂配入量, 降低了渣化。起到降低电耗, 提高锰回收率的作用。总之, 在生产成本许可情况下, 多加硅渣, 对生产指标有利而无害。

5 结 语

(1) 经线性回归分析, 在生产正常, 原料条件基本相同下, 操作控制对生产综合指标影响主次是: 二次电压、二次电流、硅渣加入量、炉渣三元碱度, 而出铁次数影响不明显。

(2) 电炉合适的二次电压为 179.9 V (14 级), 二次电流为 98 kA, 炉渣三元碱度控制在 0.678 左右, 会有好的生产综合指标。

(3) 配加硅渣是降低电耗, 提高锰回收率, 改善生产综合指标的有效途径。

(4) 出铁次数对综合指标无显著影响。