

微机控制型砂紧实率的数学模型

卢广玺

(郑州工业大学材料科学与工程系 河南 郑州 450002)

摘 要 : 分析了影响型砂紧实率控制精度的因素 , 建立了型砂紧实率 - 水分回归系数的动态模型 . 为防止型砂水分不足或过量 , 将第一次加水量设定为总加水量的 80% . 第一次加水后 , 对型砂紧实率稳定值采用 AR 模型进行预测 , 以缩短型砂混制时间 . 每次加水后 , 引入修正系数 , 以适应型砂组成的变化 . 实验表明 , 该数学模型不仅使型砂水分含量在较短时间内达到最佳范围 , 同时可指示对型砂组成进行调整 , 能较好地符合实际情况 .

关键词 : 型砂 ; 紧实率 ; 数学模型

中图分类号 : TB 302 文献标识码 : A

铸件质量很大程度上取决于型砂的质量 , 紧实率能较好地表现型砂的综合性能^[1,2] . 在微机控制型砂紧实率的过程中 , 数学模型是控制系统的计算依据 , 是软件编制的基础 . 数学模型的可靠性直接影响系统的可靠性及最终的控制精度 .

1 影响控制数学模型的因素分析

型砂紧实率(C)与其水分(W)之间有着良好的线性关系 , 型砂控制系统根据这一原理 , 使紧实率和水分含量控制在要求范围之内 . 其中紧实率是控制目标 , 水分是控制手段 . 通过改变水分含量 , 使紧实率达到初始设定的目标紧实率 , 这时的型砂含水量也相应达到最佳 . 因此 , 要精确控制型砂紧实率 , 就必须使型砂的水分含量准确地稳定在某一范围之内 , 要稳定含水量就需精确加水^[3] . 对混碾中型砂加水量产生影响的因素很多 , 归纳起来分为 3 类 : 一是成分波动 ; 二是设定值变化 ; 三是生产条件和环境的变化 .

第一类因素对紧实率 - 水分关系的影响体现在 $C = a + bW$ 中的回归系数上 ; 第二类因素是根据一定的生产工艺而确定的 , 对于某一固定的生产工艺其值基本不变 ; 第三类因素较为复杂 , 除了它们共同影响加水量外 , 它们之间相互影响 .

型砂的必要加水量为型砂目标水分含量与回用旧砂含水量之差的单纯加水量与水分蒸发所需的补充加水量之和 . 单纯加水量可以通过设定值

及回用旧砂含水量求得 , 对于某一生产工艺 , 设定值是固定的 . 因此 , 回用旧砂含水量变化是引起单纯加水量变化的主要原因 . 我国旧砂处理工作非常欠缺 , 进入混砂机的旧砂水分含量差异很大 . 因此要有效控制型砂质量 , 首先必须直接或间接地检测出旧砂的含水量 .

生产条件及环境是影响水分蒸发的主要因素 . 正常生产情况下 , 车间内的风对型砂水分的影响很小 , 可忽略 ; 车间内的空气温度及湿度与季节有关 , 可以通过调整设定值来进行补偿 . 在影响水分蒸发的因素中 , 回用旧砂温度的变化是导致型砂水分波动的主要原因 . 在连续生产过程中 , 因更换铸件引起铁砂比变化 , 金属的浇注温度不同及冷却时间的差异都会使旧砂的温度发生变化 . 因此 , 必须不断地对砂温进行检测 , 并把因温度引起的水分蒸发量和单纯加水量一同加到型砂中 , 才能得到预定质量指标的型砂 .

2 紧实率 - 水分回归系数动态模型

本研究采用对型砂添加适当水量 , 使紧实率控制在目标紧实率之内 . 因此 , 必须准确把握稳态下的紧实率与水分之间的关系 . 紧实率 - 水分间增量关系可表示为 $\Delta C = b \Delta W$; 或变换为 $\Delta W = \gamma \Delta C$. γ 的物理意义为型砂的加水量与引起紧实率变化间的关系 .

此加水模型是在某一确定条件下得到的 , 在

实际生产中,型砂处于一个循环使用的系统中,型砂的组成经常会发生较大的变化,从而引起紧实率与水分间的回归系数 y 发生大的波动。因此,必须对紧实率与水分间的回归系数建立起一跟随型砂组成变化而变化的动态模型。对于每一碾型砂,在根据测定紧实率值与目标紧实率差值计算加水量时,应先按动态模型计算出较接近实际的紧实率-水分回归系数,再根据变化的回归系数将紧实率差值换算成加水量,加水量计算在控制过程中不断对回归系数进行修正,这样,紧实率就可控制在目标紧实率范围之内。紧实率-水分线性回归系数的动态模型可表示为

$$y = (k_1 y_1 + k_2 y_2 + k_3 y_3) / (k_1 + k_2 + k_3) \quad (1)$$
式中: k_1, k_2, k_3 为加权值,根据型砂组成变化的连续性,在取值时, $k_1 > k_2 > k_3$ 。本系统中取 $k_1 = 0.5, k_2 = 0.3, k_3 = 0.2$; y_1, y_2, y_3 分别为该碾前第一碾、第二碾、第三碾的紧实率 C -水分 W 回归系数。其计算式为

$$y_1 = \Delta W_1 / \Delta C_1 \quad (2)$$

式中: ΔW_1 ——第一碾引起型砂水分含量的增值,%;

ΔC_1 ——第一碾引起型砂紧实率的增值,%。

对于每碾,都根据式(1)求出紧实率-水分间回归系数。因此,该系数能很好地反映出变化的条件,保证准确地计算加水量。型砂成分不同, y 值不同,根据一定的生产工艺,确定一 y 值变化范围, y 值变化超出此范围时,微机报警,指示对型砂成分进行分析调整,使其稳定在生产要求范围之内。所以,紧实率控制除了能使型砂水分含量达到最佳范围和某一确定成分型砂的综合性能达到较好之外,还能对型砂性能组成进行调整。

3 紧实率控制数学模型的建立

一般的型砂混制工艺,是将回用旧砂、补充粘土及新砂等加入混砂机,干混一定时间后,再加水湿混。当型砂紧实率在25%以下时,紧实率与型砂水分间线性关系较差。加水前因水分较低,新加入的膨润土润湿程度也不太均匀。因此,控制中第一次检测的紧实率值是不准确的,仅根据这一次的测定值,进行最终加水显然达不到控制精度要求。一般需进行两次加水才能达到预定紧实率及水分含量。

本模型采用两次加水法,即粗加水和精加水。在加水之前,需确定合理的总加水量。

3.1 总加水量的计算

型砂合理总加水量由两部分组成。一部分为将紧实率调整到目标紧实率值所需加水量,其计算式为

$$W = y(C_{目} - C_0)G / 100 \quad (3)$$

式中: y ——紧实率-水分回归系数;

$C_{目}$ ——目标紧实率,%;

C_0 ——加水前初始稳定的紧实率,%;

G ——型砂总重,kg。

另一部分为温度补偿加水量。因为回用旧砂温度对水分蒸发有明显影响,为了补充这部分水量,需对其计算。根据水分蒸发所吸收的热量与砂温下降所放出的热量相等,有下式:

$$G\lambda\Delta T = 100G\Delta WH$$

式中: G ——砂重,kg;

λ ——砂比热,一般取 $0.84 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$;;

ΔT ——冷却温差, $^\circ\text{C}$;

H ——蒸发潜热, 45°C 时取 $2352 \text{ kJ}/\text{kg}$ 。

上式经运算可得

$$\Delta W = \Delta T / 28 \quad (4)$$

由此可知,因砂温变化引起的水分蒸发量(W')为

$$W' = \Delta TG / 2800 \quad (5)$$

故总的合理加水量为

$$W_{总} = y(C_{目} - C_0)G / 100 + \Delta TG / 2800 \quad (6)$$

3.2 第一次加水量的确定

总加水量分两次进行,第一次加水量占总量的多少对达到预定紧实率的时间影响十分明显。第一次加水量比例越大,紧实率达到稳定值的时间越短。因此,在保证控制精度的前提下,要提高混砂机的效率,必须提高第一次加水量所占总加水量的比例。但是,第一次紧实率测量误差较大,达到稳定值时紧实率波动较大,再加上低水分时线性误差的影响,第一次加水太多,又有可能产生水分过量。为了防止型砂水分过量,同时提高混砂效率,根据铸造工作者大量实践总结的经验表明,第一次加水量一般控制在总加水量的80%左右,其综合效果较好^[3]。

在实际生产中,回用旧砂的成分及温度随时都在改变,这会引起总加水量的变化。因此,第一次加水量是一个变量。为了进一步提高系统的自适应能力,在取总加水量80%的同时,本系统还设定了一个第一次加水修正系数 K_A 。第一次加水量的计算式为

$$W_1 = 80\% W_{总} K_A \quad (7)$$

续表

粘土/%	煤粉/%	水分/%	紧实率测定值/%				\hat{a}	$C_{测}/\%$	$\Delta C_{测}/\%$	$\Delta C_{预}/\%$	$(C_{预} - C_{测})/\%$
			I	II	III	IV					
11	5	4	26.7	26.6	27.2	27.5	1.010	28.9	2.2	1.22	- 0.98
		5	25.8	27.3	28.2	29.8	1.049	33.2	7.4	7.70	+ 0.30
		6	30.6	37.8	45.7	49.3	1.153	55.4	24.8	24.99	+ 0.19
	6	4	24.8	25.0	25.5	25.9	1.015	26.6	1.8	2.05	+ 0.25
		5	27.2	28.4	29.4	31.7	1.053	36.6	9.4	8.37	- 1.03
	8	4	23.6	24.3	24.4	25.0	1.019	26.4	2.8	2.71	- 0.09
		5	28.9	30.4	32.3	34.4	1.060	40.0	11.1	9.53	- 1.57

说明 (1) \hat{a} 为紧实率增量系数 ; $C_{测}$ 为实测紧实率稳定值 ; $\Delta C_{测}$ 为实测紧实率增量 ; $C_{预}$ 为预测紧实率稳定值 ; $\Delta C_{预}$ 为预测紧实率增量 (2) 紧实率测定起始时间有所不同.

从表 1 中的误差项可知 ,采用这种方法对第一次加水后的紧实率稳定值进行预测完全可行. 考虑到测量误差及型砂组成变化的影响 ,第二次加水与第一次加水一样 ,对计算值进行修正 ,以提高系统自适应能力. 修正系数 $KB = C_{目}/C_{测}$, $C_{测}$ 为上碾第二次加水后测得的稳定紧实率. 故第二次加水量为

$$W_2 = (C_{目} - C_{预})_y K_B G / 100 . \quad (12)$$

4 结束语

型砂的综合性能取决于型砂的组成及水分含量. 本文建立了型砂紧实率 - 水分含量的动态模型 ,跟踪型砂组成的变化 ,并合理分配两次加水量

的比例 ,在较短时间内使型砂水分达到最佳范围. 表 1 实验数据表明 ,此数学模型与实际情况较为符合 ,为采用微机控制型砂紧实率提供了计算依据.

参考文献 :

[1] 胡彭生. 型砂[M]. 上海 :上海科学出版社 ,1994.

[2] BAILEY R. Quality through testing part 1——sand[J]. Modern Casting ,1983(6) :19 - 22.

[3] 汪金龙 ,卢广玺 ,汤文博. 型砂紧实率微机控制系统的研究[J]. 郑州工业大学学报 ,1996 ,17(4) :49 - 52.

[4] 寺崎一彦 ,野村宏之 ,坂野武男 ,等. 型砂在混制过程中成型性的预测和控制[J]. 铸物 ,1986 ,58(1) :33 - 39.

The Mathematical Model of Microcomputer Control Sand Compactibility

LU Guang - xi

(Department of Material Science & Engineering ,Zhengzhou University of Technology ,Zhengzhou 450002 ,China)

Abstract :This paper analyzes the factors affecting the controlling precision of sand compactibility system and sets up the dynamic model of regression coefficient between sand compactibility and water content. To prevent the insufficiency or excess of sand water content ,the amount of the first addition is set as 80% of the total water addition amount . After the first water addition ,we adopt AR model to predict the stable value of sand compactibility to shorten the time mixing the sand. Each time we add water ,the correction coefficient is introduced to adapt to the change in the composition of sand. The experiment shows that the mathematics model not only makes the water content in sand reach the best range within shorter time ,but also directs how the sand composition should be adjusted ,which can better conform to the actual situation.

Key words :sand ; compactibility ; mathematical model