

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ВАНЮКОВА МЕТОДОМ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Рассмотрен подход к изучению металлургических процессов с помощью метода планирования эксперимента. С использованием 2^4 -факторного плана исследовано влияние параметров загрузки печи Ванюкова на концентрацию меди в штейне. В качестве варьируемых переменных рассматривались расходы сульфидных материалов, флюса, технического кислорода, а также содержания кислорода в дутье. В результате обработки опытных данных получено уравнение регрессии. Проанализировано влияние отдельных факторов и их совместное влияние.

The approach to studying metallurgical processes by means of a method of planning of experiment is considered. With use 2^4 -factorial plans are investigated influence of parameters of loading of furnace Vanjukov on concentration of copper in stein. As varied variables the stream of sulphidic materials, stream of fluxes and stream of technical oxygen were considered. As a result of processing skilled data the equation of regress is received. Influence of separate factors, and also their joint influence is analysed.

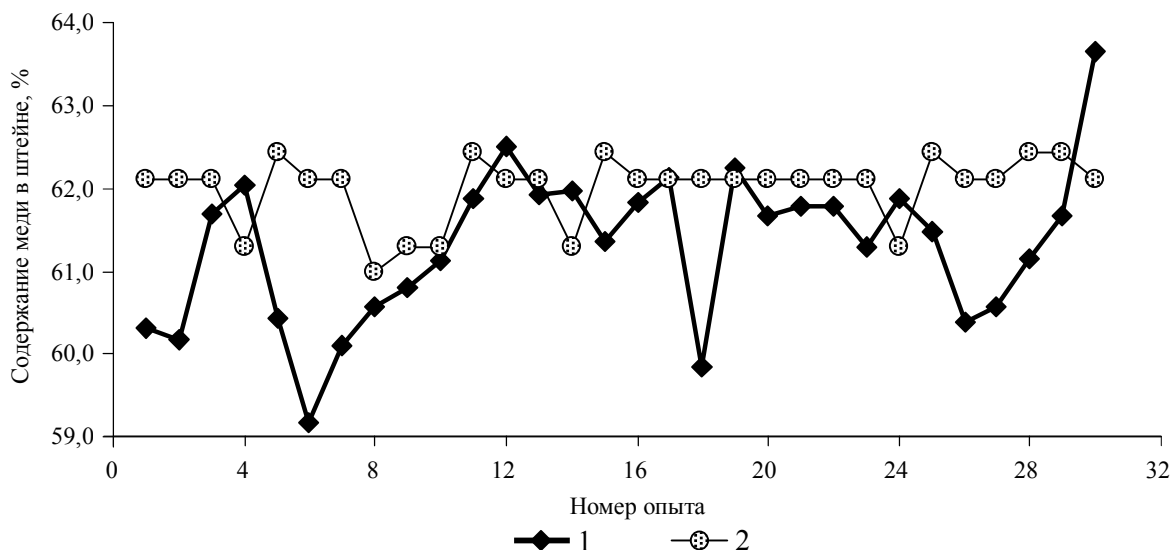
Переработка сульфидных медных никельсодержащих материалов в печах Ванюкова является в настоящее время одним из самых перспективных направлений в металлургии цветным металлов. Построение адекватных математических или физико-химических управляющих моделей затруднено сложностью самих процессов и нехваткой теоретических разработок. Однако применение теории планирования эксперимента позволяет получать адекватные модели. Сущность метода заключается в выборе числа и условий проведения опытов, позволяющих получить необходимые знания об объекте исследования с требуемой точностью. Важнейшим условием проведения эксперимента является минимизация числа опытов.

Рассмотрим объект, предназначенный для автогенной плавки медного никельсодержащего сульфидного материала – печь

Ванюкова (площадь основания в области фурм 36 м^2). Целью управления процессом плавки медных никельсодержащих сульфидных материалов в печи Ванюкова является получение штейна требуемого качества.

В результате эксперимента необходимо выяснить, каким образом на концентрацию меди в штейне Y , принятую в качестве функции отклика, влияют различные факторы. Предварительные исследования показали, что наибольшее влияние на концентрацию меди в штейне оказывают расход сульфидных материалов x_1 , расход флюсов x_2 , содержание кислорода в кислородовоздушной смеси (КВС) x_3 и технического кислорода на печь x_4 .

Решение поставленной задачи проводилось на основе обработки данных оперативного контроля печи Ванюкова медного завода Заполярного филиала ГМК «Норильский



Содержание меди в штейне по данным практики(1) и расчетным (2)

никель» за 2006 г. В ходе работы была сделана выборка, соответствующая полному факторному эксперименту (см. таблицу).

Условия проведения полного факторного эксперимента

Параметр	Расход сульфидных материалов x_1 , т/ч	Расход флюсов x_2 , т/ч	Содержание кислорода в КВС x_3 , %	Расход технического кислорода x_4 , м ³ /ч
Основной уровень	78,19	48,06	80,8	23576,11
Интервал варьирования	29,24	27,27	13,69	7282,43
Нижний уровень (-1)	48,95	20,79	67,11	16293,68
Верхний уровень (+1)	107,43	75,33	94,49	30858,54

Анализ имеющихся сведений об объекте (печи Ванюкова) свидетельствует о том, что наибольший интерес представляют линейные эффекты и парные взаимодействия. Поэтому модель объекта исследования принята в виде

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{34}x_3x_4.$$

Наиболее простой план, допускающий оценку всех коэффициентов такой модели

(число коэффициентов $s = 11$) полный факторный эксперимент типа 2^4 с $N = 16$. Последовательность проведения опытов эксперимента удовлетворяет требованию рандомизации, т.е. организации случайной последовательности опытов, позволяющей минимизировать влияние помех.

Математической обработкой результатов опроса по матрице планирования* получена следующая зависимость концентрации меди в штейне от параметров загрузки печи Ванюкова:

$$Y = 61,77 + 0,58x_1 + 0,23x_2 - 0,52x_1x_4 - 0,39x_2x_4 + 0,57x_3x_4,$$

где приведены только значимые коэффициенты полинома.

Проверка адекватности полинома реальному объекту (печи Ванюкова) проводилась так. Случайным образом был выбран интервал работы печи, равный 30 сут. И для этого периода по экспериментальным и расчетным данным были построены графики (см. рисунок), которые подтвердили высокий уровень адекватности модели поведению реального объекта. Расчет показал, что абсолютная погрешность 7,23 % меди в штейне.

По результатам моделирования можно сформулировать следующие выводы:

* Методы исследований и организация экспериментов / Под ред. К.П.Власова. Харьков: Гуманитарный центр, 2002.

1. Значимыми являются не только линейные эффекты, но и некоторые парные взаимодействия.

2. Из четырех факторов, линейно влияющих на функцию отклика, значимы только два: расход сульфидных материалов и расход флюсов.

3. Сопоставление расчетных значений с практическими данными показали высокую степень адекватности реальному объекту (печи Ванюкова) на уровне ошибки, приня-

той в металлургии (абсолютная погрешность составляет 7,23 % меди в штейне).

Таким образом, интерполяционные возможности полученного полинома весьма высоки и модель может быть рекомендована к внедрению в виде советчика в супервизорном режиме управления.

Применение предложенного метода в практике металлургических исследований целесообразно с позиций снижения трудоемкости и экономических затрат.