

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗАЦИИ ВАГРАНОЧНОГО ПРОЦЕССА

Основными показателями плавки чугуна в вагранке размера (диаметра плавильного пояса D_p) являются ее производительность G и температура выплавляемого чугуна t_q . Эти показатели зависят от комплекса конструктивных и технологических факторов, образующих сложные взаимосвязи. В качестве аргументов приняты:

- полезная высота вагранки H_n ;
- площадь сечения основного ряда фурм в процентах от площади сечения плавильного пояса;
- высота горна h_r ;
- давление дутья P ;
- расход кокса K_p ;
- размер кусков кокса d_k ;
- масса металлической колоши M .

Количество дутья и высота холостой колоши функционально зависят от перечисленных параметров и не включены в модель. Средний размер кусков металлической шихты d_m влияет на высоту зоны подогрева шихты, являющейся частью полезной высоты вагранки. Для расчетов удобнее использовать удельную производительность вагранки g .

В условиях сложных многофакторных систем, обладающих элементами случайности, к которым относится и ваграночный процесс, для определения взаимосвязей величин целесообразно использовать методы теории вероятностей и математической статистики. Эти методы, в частности корреляционный анализ, позволяют количественно изучить зависимость между двумя факторами (парная корреляция) либо получить математическое выражение зависимости исследуемого показателя от группы факторов (множественная или многофакторная корреляция).

Для установления корреляционных зависимостей использованы сведения о конструкции и показателях работы более 1100 производственных вагранок диаметром от 700 до 1500 мм. Из анализа исключены неудовлетворительно работающие вагранки (с низкой производительностью и температурой чугуна, высоким расходом кокса).

Для построения модели ваграночного процесса вычислены коэффициенты уравнений множественной регрессии. В общем виде можно записать

$$g = \varphi(H_{\Pi}, f, P; K_p; d_{\kappa});$$

$$t_{\kappa} = \psi(H_{\Pi}, f, h_r; P; K_p; d_{\kappa}; M).$$

При выборе формы связи использованы результаты парного корреляционного анализа. Он показал, что некоторые связи имеют нелинейный характер. В связи с большим количеством вычислений за основу для расчетов приняты квадратичная и линейная связи. Все уравнения получены на ПЭВМ. Критерием наибольшего соответствия математической модели описываемому его процессу в квадратичной форме является состояние, при котором отсутствует приращение критерия Фишера и дальнейший счет прекращается. В линейном виде условием завершения вычислений является прекращение роста сводного коэффициента корреляции R .

Для вагранок диаметром 1100 мм полученные уравнения в квадратичной форме имеют вид:

$$g = 1,27 + 2,3 \cdot 10^{-3} H_{\Pi} + 0,214f - 0,52K_p + 9,6 \cdot 10^{-3} P + 74 \cdot 10^{-3} d_{\kappa} +$$

$$+ 0,51 \cdot 10^{-6} H_{\Pi} \cdot P - 6,6 \cdot 10^{-6} H_{\Pi} \cdot d_{\kappa} - 6,8 \cdot 10^{-3} f \cdot K_p - 0,24 \cdot 10^{-6} H_{\Pi}^2 -$$

$$- 5,64 \cdot 10^{-3} f^2 - 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot P^2 - 0,54 \cdot 10^{-3} d_{\kappa};$$

$$t_{\kappa} = 874 + 0,094 H_{\Pi} + 4,7f + 14,3 K_p + 0,19 P + 0,77 d_{\kappa} - 0,14M -$$

$$- 0,175h_r + 12,4 \cdot 10^{-6} H_{\Pi} \cdot M + 14 \cdot 10^{-6} H_{\Pi} \cdot h_r + 1,8 \cdot 10^{-3} K_p \cdot M -$$

$$- 9,9 \cdot 10^{-6} H_{\Pi}^2 - 0,124 f^2 - 7,6 \cdot 10^{-5} \cdot P^2.$$

Для инженерных расчетов могут быть использованы упрощенные выражения, вычисленные при условии, что все связи являются линейными:

$$G = 5,83 + 2,94 \cdot 10^{-3} P - 58 \cdot 10^{-3} K_p - 4,46 \cdot 10^{-3} d_{\kappa} + 7,4 \cdot 10^{-3} f - 52 \cdot 10^{-6} H_{\Pi};$$

$$t_{\kappa} = 1304 + 0,42d_{\kappa} + 2,1K_p + 0,027P - 0,038 h_r - 0,029M + 0,0028H_{\Pi} + 0,18 f.$$

Подобные уравнения получены для вагранок диаметром 700, 800, 1300 мм. Погрешность полученных уравнений характеризуется средней ошибкой аппроксимации ε . Для квадратичных уравнений она составляет 6–7 %, для уравнений в линейном виде – до 12 %.

При составлении программ моделирования учитываются следующие параметры:

- 1) входные: конструктивные ($D_b, H_{п.п}, f, h_r$) и технологические (d_k, d_m);
- 2) регулирующие, которые воздействуют на показатели плавки (K_p, P, M);
- 3) выходные: производительность вагранки G или удельная производительность g и температура чугуна $t_{ч}$.

По средним арифметическим значениям показателей плавки найдены поправочные коэффициенты корректировки производительности и температуры чугуна для вагранок с подогревом дутья и коксогозовых вагранок.

Влияние температуры подогрева дутья t_b на температуру чугуна видно из следующих данных:

$t_b, ^\circ\text{C}$	20	200	300	400
$t_{ч}, ^\circ\text{C}$	1360	1375	1395	1420

Средняя удельная производительность вагранок холодного дутья $7,35 \text{ т}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, вагранок с подогревом дутья составляет $8,5 \text{ т}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, коксогозовых вагранок – $8,15 \text{ т}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

В.М. Горфинкель

О ПОЛЕЗНОЙ ВЫСОТЕ ВАГРАНОК

Под полезной высотой вагранки $H_{п}$ понимают расстояние от оси основного ряда фурм до нижней кромки загрузочного окна. Этот параметр влияет на капитальные затраты при строительстве плавильного отделения и технико-экономические показатели плавки чугуна.

Часть шахты вагранки, ограниченную полезной высотой, можно разделить на три области: зону плавления и перегрева $h_{п.п}$, зону подогрева шихты $h_{п.ш}$ и зону над верхним уровнем засыпки до нижней кромки загрузочного окна $h_{св}$.

Положение пояса плавления определяется распределением температур по высоте холостой колоши и зависит от количества и качества кокса, параметров дутья, размеров кусков металлической шихты. Условно верхней границей зоны плавления и перегрева считают верхний уровень холостой колоши в начале плавки. На основе анализа параметров работы и конструкции большого числа (1100 шт.) действующих вагранок диаметром D_b ,