

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

В. А. Марков, А. С. Григор

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрена возможность математического моделирования процесса перемешивания формовочной смеси и ее взаимодействия с рабочими органами смесеприготовительного оборудования.

Ключевые слова: моделирование, формовочная смесь, смеситель

MODELLING OF PROCESS OF HASHING OF MOULTING MIXES

V. A. Markov, A. S. Grigor

Altai State Technical University, Barnaul, Russia

In article the possibility of mathematical modeling of process of hashing of moulting mix and its interaction with working bodies of the sand plant is considered.

Keywords: moulting mix, bentonite, mixer

Расширение масштабов и объемов переработки формовочных смесей для автоматических линий требует внедрения в литейное производство высокоэффективного смесеприготовительного оборудования, гарантирующего необходимую технологическую готовность смеси. Однако в методах создания смесеприготовительного оборудования преобладает эмпирический подход, что способствует модернизации традиционных моделей смесителей, повышение их производительности за счет увеличения размеров, а также оснащение их автоматическими системами управления.

Для описания процессов смешения и перемешивания предложено несколько типов моделей, которые можно сгруппировать следующим образом:

Статистические модели, которые представляют вид корреляционных и регрессивных соотношений между технологическими или физико-механическими свойствами смеси и всеми влияющими на них факторами. Данные модели получают в результате статистического анализа конкретной смесеприготовительной системы.

Кибернетические модели, описывают преобразование входных координат (исходные компоненты, температур и влажность

оборотной смеси) в определенные выходные координаты (свойства готовой смеси). Кибернетическая модель позволяет описать достижения конечного результата в действующей смесеприготовительной системе.

Модель диффузионного смешения, в основу которой положена аналогия процесса смешения с процессом диффузии в газах и жидкостях и применение с определенными допущениями закона Фика. Однако диффузионная модель смешения также требует экспериментального определения коэффициента диффузии, что может быть получено только при наличии конкретной конструкции смесителя.

Кинетическая модель, основана на предположении о том, что процесс перемешивания протекает согласно основному закону массопередачи, при этом оценка процесса проводится по разности текущей и равновесной однородности смеси. Результатом кинетической модели процесса перемешивания является уравнение, списывающее изменение текущей однородности смеси по времени, которое также определяется экспериментальным путем.

Изложенные модели процессов смешения и перемешивания позволяют описать действующую систему смесеприготовления,

при этом они не отражают физической сущности процесса, происходящего в смесителе характера взаимодействия рабочих органов с компонентами смеси. Указанные модели можно реализовать для оптимизации действующих систем, однако они не позволяют определить тенденцию совершенствования смесеприготовительного оборудования и разработать методику расчета высокоэффективных смесителей для получения формовочных смесей с минимальными энергозатратами.

В данной работе предлагается моделирование процесса перемешивания формовочных смесей определять из концепции достижения смесью требуемых технологических и физико-механических свойств. Особенностью приготовления формовочных песчано-глинистых смесей является то, что основу смеси составляет обратная смесь, которая вносит в смеситель практически все компоненты (зерновую основу и связующее), при этом связующее – глина частично утратила технологические свойства с потерей воды. В этой связи основной задачей процесса перемешивания формовочных смесей является восстановление вяжущих свойств глины и равномерное распределение освежающих добавок.

Процесс восстановления вяжущих свойств глины длительный, что связано с процессом набухания и перераспределением частиц набухшей глины по поверхности зерен песка. С этой точки зрения ускорение процесса может быть достигнуто за счет интенсивного формирования сдвиговых деформаций в частицах глины, а также сдвиг зерен песка друг относительно друга.

Реализация этого условия возможна при силовом взаимодействии рабочего органа смесителя с элементарными объемами смеси. Таким образом, рабочие органы смесителя должны формировать сдвиговые деформации в смеси с минимальными энергетическими затратами. В основу может быть положена теория предельно напряженного состояния, согласно которой в каждой точке среды максимальная разность касательного напряжения и соответствующего нормального напряжения, умноженного на тангенс угла внутреннего трения φ , равна предельному напряжению сцепления k . При этом условие $|\tau_n| - \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi = k$ выполняется в каждой

точке на двух площадках, составляющих с направлением главного нормального напряжения σ_1 , острые углы равны $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$, при этом два семейства линий, совпадающие в каждой точке с направлением этих площадок образуют линии скольжения.

Следовательно, рабочие органы смесителя должны обесточивать формирование предельно напряженного состояния в элементарных объемах смеси. При этом направление максимальной скорости деформации сдвига должно совпадать с направлением движения потока смеси в рабочем пространстве смесителя. Решение изложенной концепции процесса перемешивания можно осуществить, используя математический аппарат, применявшийся для списания движущейся сыпучей или вязкосыпучей среды в условиях плоской деформации, с корректировкой на форму рабочего органа смесителя и скорость приложения нагрузки.

Для описания движущейся сыпучей среды в условиях плоской деформации использованы следующие уравнения:

$$X - \frac{1}{\rho_0} \cdot \left(\frac{dX_x}{dx} + \frac{dX_y}{dy} \right) = \frac{dV_x}{dt} + V_x \cdot \frac{dV_x}{dx} + V_y \cdot \frac{dV_x}{dy} \quad (1)$$

$$Y - \frac{1}{\rho_0} \cdot \left(\frac{dX_y}{dx} + \frac{dY_y}{dy} \right) = \frac{dV_y}{dt} + V_x \cdot \frac{dV_y}{dx} + V_y \cdot \frac{dV_y}{dy} \quad (2)$$

$$(X_x - Y_y)^2 + 4X_y^2 = \sin^2 \varphi \cdot (X_x + Y_y + 2k \cdot \operatorname{ctg} \varphi)^2 \quad (3)$$

$$\frac{dX_x}{dx} + \frac{dX_y}{dy} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{2X_y}{X_x - Y_y} = \frac{\left(\frac{dV_x}{dy} + \frac{dV_y}{dx} \right) \pm \left(\frac{dV_x}{dx} - \frac{dV_y}{dy} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\left(\frac{dV_x}{dx} - \frac{dV_y}{dy} \right) \mp \left(\frac{dV_x}{dy} + \frac{dV_y}{dx} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi} \quad (5)$$

Уравнение (1 и 2); представляют собой уравнения движения сыпучей среды в переменных Эйлера; уравнение (3) является условием предельного равновесия; уравнение (4) представляет собой условие сплошности для несжимаемой среда; уравнение (5) выражает условие совпадения направления максимальной скорости деформации с активным семейством линий скольжения.

Марков Василий Алексеевич – д.т.н., профессор
Григор Андрей Сергеевич – к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия