



The method of stabilization of the sand blend technological characteristics is developed on the basis of flexible control of the mix preparation process taking into account the failures and changes of the technological equipment parameters and also the composition and characteristics of source materials.

*О. И. ПОНОМАРЕНКО, Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
С. Г. ПЕЛЫХ, Восточноукраинский технический университет, г. Луганск*

УДК 621.74:681.51

АДАПТИВНЫЙ МЕТОД СТАБИЛИЗАЦИИ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Оптимизация параметров и стабилизация технологического процесса приготовления смесей для изготовления литейных форм является одной из важных задач общей проблемы управления качеством отливок. Нестабильность технологических и физико-механических свойств формовочных и стержневых смесей – одна из основных причин снижения качества и появления брака отливок. Так, по существующим оценкам недостаточное качество формовочных материалов и смесей служит причиной появления около 50% литейных дефектов, которые приводят к браку отливок.

Классическим инструментом повышения качества формовочных смесей являются лабораторные и промышленные исследования, на основании обработки результатов которых, как правило, определяются оптимальные значения параметров смесеприготовления. Для решения задачи стабилизации свойств формовочных смесей предложены расчетно-технологические методы [1–3], однако они недостаточно эффективны из-за того, что в них отсутствуют оперативный учет меняющихся свойств исходных материалов и изменение условий, связанных с приготовлением смесей, из-за “дрейфа” параметров и выхода из строя технологического оборудования.

Следующим шагом в логическом развитии используемых в настоящее время методов оптимизации и стабилизации свойств формовочных смесей является количественный учет параметров среды, в которую “погружен” технологический процесс смесеприготовления.

Для повышения эффективности решения задачи стабилизации свойств формовочных смесей необходимо разработать метод, который позволяет отказаться от жестких универсальных технических условий и перейти к гибкой системе регулирования их свойств в зависимости от состава исходных материалов и состояния технологического оборудования.

Для определения реальных характеристик рассеивания технологических свойств формовочных смесей в условиях поточного производства отливок выполнены производственно-статистические исследования в условиях Харьковского тракторного и Купянского литейного заводов. Основной причиной брака отливок в этих цехах являются дефекты газового происхождения и засоры, поэтому наибольшее внимание при постановке и реализации исследований уделялось изучению параметров, которые оказывают наибольшее влияние на их появление.

На возникновение дефектов газового происхождения большое влияние оказывают средний уровень и стабильность газопроницаемости и газотворной способности, а также их соотношение. Были обработаны результаты 300 текущих анализов газопроницаемости единой смеси для стального литья и 120 данных, полученных на установке для определения газотворной способности смеси. Построенные по результатам обработки этих данных гистограммы приведены на рис. 1 и 2. Заштрихованные зоны относятся к недопустимой области значений изученных параметров.

Как видно из приведенных данных, технологические свойства формовочной смеси, определяющие газовый режим литейной формы, очень нестабильны. Крайние значения диапазона рассеивания газопроницаемости составляют 50 и 250 ед., а газотворной способности – 10 и 65 см³/г, т.е. предельные значения диапазона рассеивания отличаются между собою в 5,0–6,5 раз.

Отсюда следует, что для стального литья необходимо прежде всего разработать меры по уменьшению колебаний газопроницаемости и газотворной способности формовочной смеси. Изучение уровня стабильности других технологических свойств формовочных смесей чугунолитейных цехов показало, что реальный диапазон их рассеивания намного перекрывает допустимые по техническим

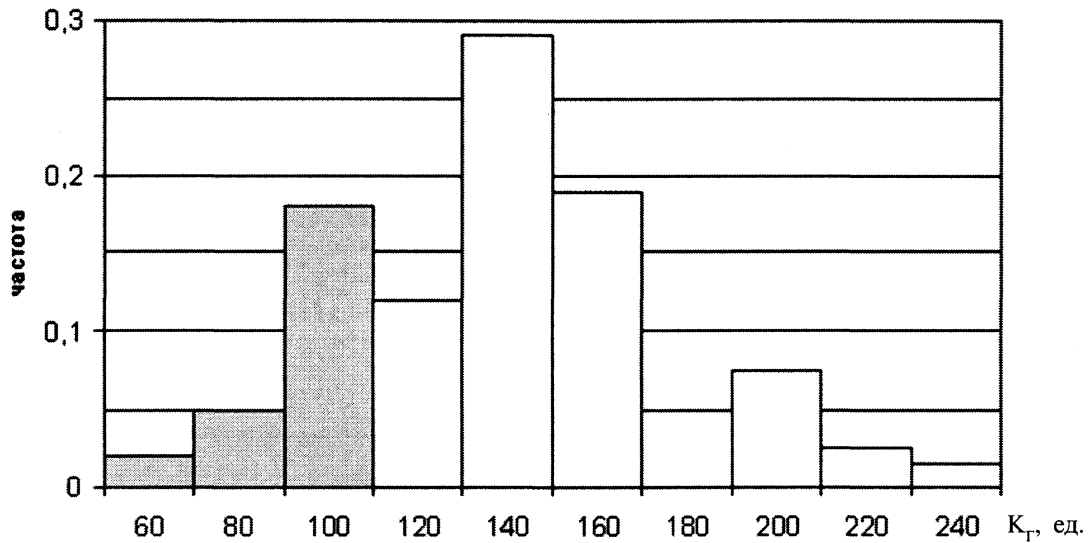


Рис. 1. Гистограмма газопроницаемости формовочной смеси

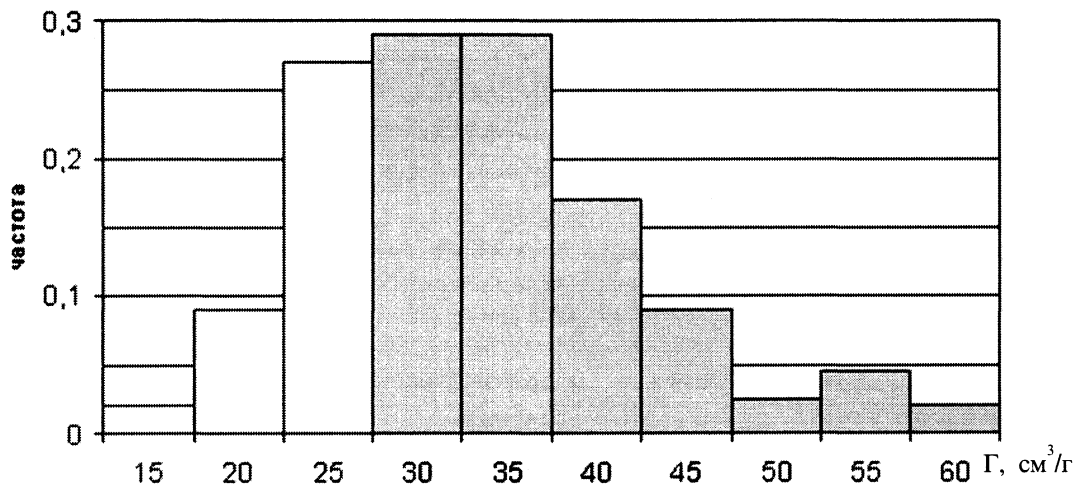


Рис. 2. Гистограмма газотворной способности формовочной смеси

условиям пределы. Например, прочность в сыром состоянии формовочной смеси изменяется от 0,049 до 0,091 МПа, а влажность — от 3,7 до 6,1%, в то время как по техническим условиям они должны находиться в пределах 0,06–0,075 МПа и 4,5–5,5%.

Проведенное изучение показало, что основными причинами значительного колебания технологических свойств формовочной смеси являются изменения состава и свойств исходных формовочных материалов, а также параметров рабочего процесса смесеобразования. Поэтому решение задачи стабилизации свойств формовочных смесей может быть получено с помощью гибкого управления процессом смесеобразования на основе точного учета состава и свойств формовочных материалов и текущих значений основных параметров смесеприготовительного оборудования.

На основе этого подхода для решения задачи стабилизации была разработана математическая модель, коэффициенты которой определены в результате обработки данных реализации активных промышленных экспериментов. Для этого был разработан и реализован план дробного факторного эксперимента типа 2^{8-4} . В качестве параметров оптимизации изучали прочность формовочной смеси в сыром состоянии (S), ее газопроницаемость (Γ) и влажность (W). В качестве независимых переменных были приняты количество вводимых добавок песка (X_1), бентонита (X_2), угля (X_3), воды (X_4), ДС-РАС (X_8), время перемешивания (X_5), а также величина зазора между плужками и корпусом каткового смесителя (X_6). Для изучения влияния вращения катков на свойства формовочных смесей в плане эксперимента была введена переменная (X_7), отражающая наличие или отсутствие вращения. Условия проведения экспериментов приведены в таблице.

Условия проведения экспериментов для свойств формовочной смеси

Факторы	Переменные							
	количество добавок, %				время перемешивания, мин	величина зазора, мм	вращение катков	% ДС-РАС
	песок	бентонит	уголь	вода				
Код	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Основной уровень	1,5	0,33	0,15	1,2	2	5,5	–	0,025
Интервал варьирования	1,5	0,17	0,15	0,2	1	4,5	–	0,025
Верхний уровень	3	0,5	0,3	1,4	3	10	1	0,025
Нижний уровень	0	0,16	0	1,0	1	1	0	0

На основании обработки результатов реализации плана эксперимента была получена следующая система уравнений:

$$S=0,0963-0,0014X1+0,017X2-0,001X3+0,005X4+0,0044X5-0,0012X6+0,0023X7-0,002X8+0,001X1X4+0,002X2X4, \text{ МПа}, \quad (1)$$

$$T=127,56+5,81X1-5,06X2-2,69X3-4,56X4+6,06X5-1,56X6+2,31X7-1,30X8-1,0X1X3-1,2X2X3, \text{ ед}, \quad (2)$$

$$W=2,8-0,1X1-0,17X2-0,11X3+0,65X4-0,25X5+0,06X6-0,157X7-0,06X8-0,15X1X3-0,01X2X5, \text{ \%}. \quad (3)$$

Проверка по критерию Фишера показала, что полученные уравнения адекватны. Анализ уравнений показал, что интенсивность влияния изученных параметров смешивающего агрегата на формирование технологических свойств находится на уровне «классических» переменных, отвечающих количеству вводимых добавок и времени перемешивания. Для изученных условий в состав смеси было введено поверхностно-активное вещество ДС-РАС в количестве 0,025%. Результаты экспериментов показали, что это приводит к повышению текучести на 10–15% и увеличению равномерности уплотнения смеси в выступающих частях формы.

На основании проведенных исследований была разработана методика стабилизации свойств формовочных смесей. На базе уравнений (1)–(3) разработаны номограммы, описывающие зависимости между параметрами технологии и свойствами смесей. При этом из множества переменных выбирали две в качестве управляемых для решения задачи стабилизации, диапазон их изменения наносили на горизонтальную и вертикальную оси.

По всем параметрам оптимизации задавали технологически допустимые пределы их изменения, по каждому из которых рассчитывали изолинии, которые наносили на плоскость номограммы. По расположению изолиний определяли зону допустимого изменения параметров формовочной смеси.

Суть предлагаемого метода стабилизации заключается в использовании рабочих режимов, отвечающих допустимой зоне изменения технологических свойств. Например, на рис. 3 приведена номограмма для решения задачи стабилизации свойств смеси при использовании в качестве управляемых переменных содержания бентонита и времени ее перемешивания. Допустимая область изменения изученных технологических свойств представляет собой заштрихованный криволинейный пятиугольник.

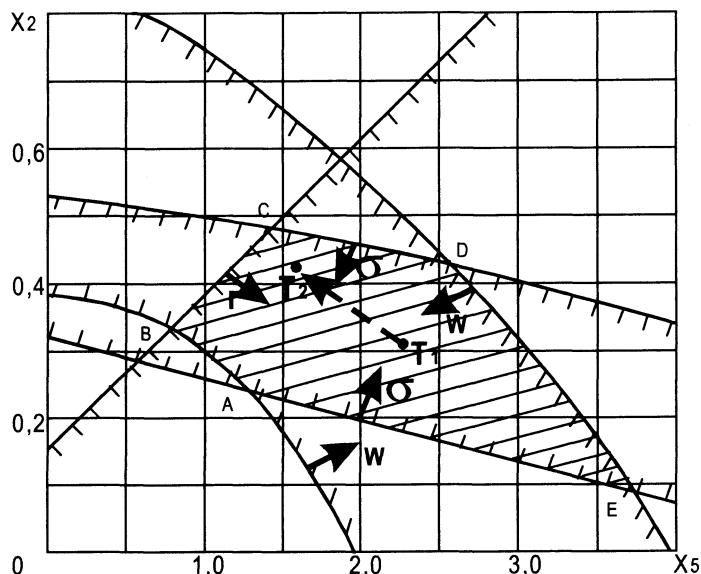


Рис. 3. Номограмма для выбора оптимального состава песчано-бентонитовой смеси

Разработанная номограмма позволяет решить задачу стабилизации свойств смеси при уменьшении количества работающих смешивающих агрегатов. Например, при трех работающих агрегатах оптимальный режим приготовления смеси отвечает точке T_1 , при выходе одного агрегата из строя время перемешивания необходимо уменьшить, а содержание бентонита в смеси – увеличить. Этот рабочий режим отвечает точке T_2 , при этом переход из точки T_1 в точку T_2 осуществляется практически без изменения технологических свойств формовочной смеси. Разработанная методика стабилизации технологических свойств формовочных смесей на математических моделях построена по результатам обработки данных производственных экспериментов. Она может быть использована для решения разнообразных задач, связанных с управлением качеством отливок.

Выводы. На основе математического моделирования процесса смесеприготовления поставлена и решена задача адаптивного управления технологическими свойствами формовочных смесей в условиях изменения параметров смесеприготовительного оборудования, состава и свойств исходных формовочных материалов.

Литература

1. Волкомич А. А., Кваша Ф. С. Туманова Л. П. Компьютерная программа "Литалаб" стабилизации состава и свойств формовочных смесей // Литейное производство. 2001. № 2. С. 27–30.
2. Корнюшкин О. А. Методы диагностики и управления качеством отливок // Литейное производство. 2001. № 6. С. 24–26.
3. Кваша Ф. С. Стабилизация состава и свойств песчано-глинистых формовочных смесей // Библиотека литейщика. 2003. № 2. С. 19–20.