

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Г.А.Мустафин, И.В. Марширов, А.С. Михайлов

Большинство исследований сводится к нахождению функциональных или корреляционных связей между несколькими величинами или решению экстремальных задач. Классический метод постановки эксперимента предусматривает фиксирование на определенных уровнях всех переменных факторов, кроме одного, который принимает дискретные значения в области своего существования.

Варьируя один фактор и стабилизируя, все прочие на выбранных уровнях, находят зависимость исследуемой величины только от одного фактора. Производя большое число однофакторных экспериментов, получают зависимости, представленные множеством графиков. Полученные таким образом частные зависимости невозможно объединить в одну общую. Однофакторный эксперимент для всестороннего исследования процесса требует постановки большого числа опытов. Для их выполнения в ряде случаев необходимо значительное время, в течении которого влияние неконтролируемых факторов на результаты опытов может существенно измениться. Поэтому данные большого числа опытов могут быть несопоставимыми и мало пригодны для практического применения.

Классический метод постановки эксперимента не может эффективно применяться для исследования таких сложных систем, какими являются формовочные и стержневые смеси. Для их исследования и оптимизации наиболее целесообразным является метод, при котором одновременно изменяются все факторы по определенному закону. При внедрении технологии изготовления в кокиль отливки из латуни “клапан” на ремонтном заводе ООО ЗИП использовали для песчаного стержня стержневую смесь содержащую в своем составе наряду с песком комплексное связующее, состоящее из лигносульфоната и подсолнечного масла. Лигносульфонат обеспечивает формуемость и прочность стержня в сыром состоянии, а масло хорошую выбиваемость и отсутствие пригара. Эти компоненты стержневой смеси были выбраны в качестве факторов оптимизации. Параметра-

ми оптимизации были назначены прочность на разрыв в сухом состоянии, прочность на сжатие в сыром состоянии, газотворность и выбиваемость. Интервалы варьирования факторов x_1 — содержание лигносульфоната и x_2 — содержание масла, а также их основные уровни были выбраны на основании предварительных опытов. Для фактора x_1 был выбран основной уровень 3,5% и интервал варьирования — 1%, а для фактора x_2 — соответственно 1,5% и 1%.

Сложность взаимодействия отливки с песчаным стержнем и вызванное этим многообразием требований к стержню не позволяет при решении задач по оптимизации использовать только один параметр. В связи с этим было выбрано большое количество параметров оптимизации. А так как оптимизировать смесь по всем параметрам невозможно, было принято решение оптимизировать по прочности в высушенном состоянии, а другие параметры использовать как ограничители для параметра оптимизации. При таком решении получается стержневая смесь с хорошими прочностными свойствами и с необходимыми для получения качественной отливки газотворностью, формуемостью и выбиваемостью.

Для определения прочности и газотворности были использованы стандартные методы и приборы. Газотворность определялась косвенным способом при температуре нагрева навески 750 °С.

Для определения выбиваемости по стандартной методике были изготовлены цилиндрические образцы диаметром и высотой по 50мм. Образцы были высушены при постоянной температуре 250. °С, а затем устанавливались в специальные формы и заливались расплавом на основе алюминия. Таким образом, были изготовлены цилиндрические отливки с толщиной стенок 10 и 15мм. После охлаждения отливок стержни из них выбивались на копре, и выбиваемость оценивалась по количеству ударов до полного удаления стержней из отливок. Затем по количеству ударов, высоте падающего груза и

его массе рассчитывалась работа выбиваемости.

В результате проведения опытов в соответствии с матрицей планирования и трехкратным их дублированием после расчета коэффициентов регрессии и статистической проверки их значимости были получены следующие уравнения регрессии:

Прочность на разрыв в сухом состоянии

$$Y_1 = 3,817 + 0,303 x_1 - 0,404 x_1 x_2 \quad (1)$$

Прочность на сжатие в сыром состоянии

$$Y_2 = 0,099 + 0,014 x_1 - 0,036 x_2 \quad (2)$$

Газотворность

$$Y_3 = 13,493 + 0,418 x_1 + 0,693 x_2 - 1,003 x_1 x_2 \quad (3)$$

Выбиваемость при толщине стенки экспериментальной отливки 15 мм

$$Y_4' = 273,22 + 56,19 x_1 - 10 x_1 x_2 \quad (4)$$

Выбиваемость при толщине стенки экспериментальной отливки 10 мм

$$Y_4'' = 708,89 + 157,79 x_1 + 65,426 x_2 - 42,343 x_1 x_2 \quad (5)$$

Уравнения регрессии можно использовать для анализа влияния компонентов на свойства смесей с целью целенаправленного управления качеством стержней при возникновении различных ситуаций при эксплуатации, предложенной технологии. Так, например, на прочность в высушенном состоянии в принятых интервалах варьирования существенно влияет увеличение количества лигносульфоната. Прочность на сжатие увеличивается при росте количества лигносульфона-

та и уменьшения содержания масла. При том изменение последнего сказывается более заметно. Для уменьшения газотворности необходимо уменьшать содержание обеих компонентов. Влияние масла более заметно и в этом случае. Выбиваемость можно улучшить также за счет уменьшения содержания этих компонентов. Влияние лигносульфоната более заметно. Следует отметить также, что увеличение толщины стенки экспериментальной отливки от 10 до 15мм уменьшает работу выбивки, более чем в 2,5 раза. Это объясняется большим разупрочнением стержня при получении более массивной отливки, которая нагревает форму до более высоких температур.

Для определения оптимального состава стержневой смеси по линейной части уравнения (1) рассчитывался градиент крутого восхождения в оптимальную область. В соответствии с уравнением (1) фактор x_2 был зафиксирован на исходном уровне (1,5%), а движение осуществлялось по фактору x_1 с шагом 0,5%. Ограничивающим параметром выбрана газотворность. Выполнение опытов в соответствии с рассчитанным градиентом было прекращено по достижению предельно допустимого значения газотворности. При этом удалось повысить прочность на разрыв в 1,8 раза при движении от основного уровня первоначального плана до оптимальной области.