

Таблица 2. Влияние переменных электрических полей на относительное изменение технологических свойств холоднотвердеющей смеси

Тип электрического поля	Относительное изменение свойств, %					
	Прочность на разрыв	Твердость	Осыпаемость	Текучесть	Газопроницаемость	Скорость твердения
Переменное (f ≈ 50 Гц)	+30,5	+7,8	-51,5	+25,0	+15,5	+25,6
В-поле	+21,6	+6,2	-50,0	+20,0	+10,3	+11,4

В табл. 2 приведены относительные изменения технологических свойств холоднотвердеющей стержневой смеси, состоящей из 96,8% песка 1K02A, 2,2% M19-62 и 1,0% ортофосфорной кислоты, после твердения в течение 60 минут.

Обработка карбамидного связующего материала M19-62 переменными электрическими полями приводит к повышению технологических свойств стержневой смеси, что позволяет не только сократить расход связующего на 15--20%, но и повысить производительность смесеприготовительного оборудования на 20--25% за счет уменьшения времени приготовления смеси и увеличить на 15--20% производительность стержневого участка.

Резюме. Вследствие повышения реакционной способности связующего, электроактивация позволяет интенсифицировать технологический процесс изготовления стержней и улучшить их качество.

### Л и т е р а т у р а

1. Дмитриевич А.М., Ледян Ю.П., Кукуй Д.М. Активация связующих веществ электрическими полями. -- В сб.: Металлургия, вып. 7. Минск, 1975. 2. Дмитриевич А.М., Ледян Ю.П., Кукуй Д.М. Влияние воздействия электрических полей на свойства связующих веществ. -- В сб.: Металлургия, вып.6. Минск, 1974.

УДК 678.746.22

А.М. Дмитриевич, канд.техн.наук,  
А.М. Лазаренков, канд.техн.наук

### ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ С УЧАСТИЕМ ПРОДУКТОВ ДЕСТРУКЦИИ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

Анализ данных исследования продуктов деструкции пенополистирола разных авторов показывает, что наиболее приближенные к условиям литейной формы данные получены в Инсти-

туте проблем литья АН УССР [1]. Они позволили выразить кинетику процесса уравнениями, что дало возможность определять в любой момент времени в процессе заливки формы количество газообразных, твердых и жидких составляющих деструкции пенополистирола. Так, для определения количества жидкой фазы деструкции модели получено уравнение

$$Q_{\text{ж}} = Q_0 - b \cdot \gamma_{\text{мод}} \cdot F \sqrt{\tau}, \quad (1)$$

где  $Q_0$  -- вес образца, г;  $b$  -- коэффициент расплавления модели, равный  $1,51 \text{ см}^3/\text{см}^2 \cdot \text{с}^{1/2}$ ;  $\gamma_{\text{мод}}$  -- плотность модели, равная в данном случае  $0,02 \text{ г}/\text{см}^3$ ;  $F$  -- площадь взаимодействия металла и модели,  $\text{см}^2$ ;  $\tau$  -- время, с.

После подстановки экспериментальных данных в уравнение (1) получим количество жидкой фазы, образующейся за время заполнения формы

$$Q_{\text{ж}} = 6,4 - 1,51 \cdot 0,02 \cdot 16 \sqrt{5} = 5,32 \text{ г.}$$

Определим теперь количество жидкой фазы в момент полного затвердевания отливки. Для этого необходимо знать скорость испарения жидкой фазы до газообразной и твердой составляющих, которую определим по формуле

$$v_{\text{исп}} = \frac{W_{\text{ср}}}{\tau_{\text{ср}}}, \quad (2)$$

где  $W_{\text{ср}}$  -- средний вес капли жидкой фазы, г;  $\tau_{\text{ср}}$  -- среднее время испарения капли жидкой фазы, с.

Для определения  $W_{\text{ср}}$  и  $\tau_{\text{ср}}$  были проведены следующие эксперименты.

Пенополистирол нагревали до образования жидкой фазы и затем капали на поверхность жидкого металла ( $T = 1350^\circ\text{C}$ ) и твердого металла (нагретого до  $1000^\circ\text{C}$ ), замеряя время от момента соприкосновения капли с поверхностью металла до полного разложения с образованием газообразной и твердой составляющих.  $W_{\text{ср}}$  и  $\tau_{\text{ср}}$  определяли как среднее от 40--50 замеров. Во время проведения экспериментов было замечено, что капля на поверхности металла совершает колебательные движения в результате контакта с металлом через парогазовую фазу, образующуюся при деструкции. Средний вес капли определяли при капании жидкой фазы на поверхность стекла,

где она быстро затвердевала. Средние значения веса и времени испарения капли равны 0,0382 г и 4,2 с. Тогда по уравнению (2)  $v_{\text{исп}} = 0,0091$  г/с. Значит, за время заливки формы, снятия теплоты перегрева и кристаллизации металл деструктурирует:  $Q_{\text{ж}_2} = v_{\text{исп}} (\tau_{\text{зал}} + \tau_{\text{пер}} + \tau_{\text{кр}}) = 0,0091 \cdot 150 = 1,365$  г жидкой фазы. Это свидетельствует о том, что основная масса жидкой фазы деструктурирует после затвердевания отливки во время охлаждения ее в форме. А это значит, что образующиеся газообразные составляющие будут оказывать большое влияние на газовый режим литейной формы.

Рассмотрим термодинамический процесс, протекающий в литейной форме с газообразными продуктами, образующимися в результате деструкции пенополистирола при заливке жидкого металла. Для этого на основании данных работ [1,2] составим реакции взаимодействия газообразных продуктов деструкции модели, формы и металла и рассчитаем константы равновесия  $\lg K$  и изменения изобарных потенциалов  $\Delta Z_t^{\circ}$  реакций при различных температурах. Значение  $\lg K$  и  $\Delta Z_t^{\circ}$  определяли с помощью приближенного метода расчета по уравнениям [3]

$$\lg K = -\frac{\Delta M}{T} + \Delta N; \quad (3) \quad \Delta Z_t^{\circ} = -RT \lg K, \quad (4)$$

где  $\Delta M$  и  $\Delta N$  -- числовые функции, определяемые с помощью таблиц [3];  $T$  -- температура,  $^{\circ}\text{K}$ ;  $R$  -- универсальная газовая постоянная.

Рассмотрим реакции, протекающие в литейной форме, подробнее. При контакте заливаемого металла с моделью в форме происходит процесс деструкции пенополистирола. В состав газообразной составляющей продуктов деструкции входят  $\text{H}_2$ ;  $\text{CH}_4$ ;  $\text{C}_2\text{H}_2$ ;  $\text{C}_2\text{H}_4$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6$ ;  $\text{C}_6\text{H}_6$ ;  $\text{C}_7\text{H}_8$ ;  $\text{C}_8\text{H}_8$  [1], а также присутствует  $\text{C}_{\text{ТВ}}$ .

Из состава продуктов разложения и изменения  $\Delta Z_t^{\circ}$  видно, что при взаимодействии модели с металлом возможна конечная реакция  $\text{C}_8\text{H}_8 = 8\text{C} + 4\text{H}_2$ .

Источниками углерода в литейной форме при разложении пенополистирола являются также реакции типа  $\text{C}_7\text{H}_8 = 7\text{C} + 4\text{H}_2$ . Анализ значений  $\lg K$  и  $\Delta Z_t^{\circ}$  этих реакций показы-

вает, что они при повышении температуры протекают весьма интенсивно.

Протекание реакций с участием углеводородов и кислорода возможно в первый период — заливки металла в форму. Анализ результатов определенных значений  $\lg K$  и  $\Delta Z_t^0$  показывает, что эти реакции будут протекать весьма интенсивно. Это также подтверждает отсутствие свободного кислорода в газовой среде. Поэтому реакция окисления в нашем случае практически не будет иметь места.

Оксид углерода, образующаяся в результате реакций взаимодействия углеводородов с кислородом и реакций окисления, при температурах процесса неустойчива и при контакте с железной поверхностью разлагается по реакции  $2CO = CO_2 + C$  с образованием атомарного углерода, который поглощается поверхностью.

Обезуглероживание поверхности стальных отливок, наблюдаемое при получении их в формовочной смеси с влажностью 5%, связано с реакциями взаимодействия углерода отливок с водяным паром  $C_{тв} + H_2O = CO + H_2$  и  $C_{тв} + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$ . Зависимость  $\lg K$  и  $\Delta Z_t^0$  от температуры этих реакций показывает, что при высоких температурах реакции газификации углерода водяным паром протекают интенсивно. При температуре ниже  $800^\circ C$  преимущественное развитие получает вторая реакция, а при более высоких температурах — первая.

Резюме. Углеводороды являются соединениями, которые увеличивают содержание восстановительных газов в литейной форме и способствуют получению отливок с чистой поверхностью при литье по газифицируемым моделям, а смена восстановительной газовой атмосферы на окислительную наступает через 10—12 мин после заполнения формы жидким металлом.

### Л и т е р а т у р а

1. Шуляк В.С. Состояние и перспективы развития метода литья с использованием газифицируемых моделей. — В сб.: Литье по газифицируемым моделям. Киев, 1973. 2. Чечулин В.А., Царевский Б.В. Термодинамический анализ газовых реакций в литейной форме. — В сб.: Взаимодействие литейной формы и отливки. М., 1962. 3. Владимиров Л.П. Термодинамические расчеты равновесия металлургических реакций. М., 1970.