

В.Ю. Куликов, А.З. Исагулов, В.А. Юдакова, Е.П. Щербакова, Д.А. Исагулова  
 Карагандинский государственный технический университет  
 Республика Казахстан, г. Караганда  
 e-mail: mlpikm@mail.ru

### Определение технологических характеристик песчано-смоляных смесей

В настоящее время недостаточно разработаны процессы моделирования формирования прочных дисперсных систем, применительно к прессуемым и нагреваемым смесям.

Применение компьютерных технологий и моделирования позволяет сделать расчеты параметров машин и оборудования и технологических процессов производства значительно более производительными и точно, что существенно повышает качество разработок промышленной техники и технологии. Все это в конечном итоге сказывается на жизнедеятельности общества. Необходимо иметь в виду, что эффективное воздействие на организацию качественной бесперебойной продукции достигается только при правильном выборе технологических процессов, соответствующем техническом оснащении производственных, в том числе и литейных цехов, возможности заранее предусмотреть, как отразятся на заготовках и готовых изделиях те или иные факторы. Все это можно достигнуть путем глобальной информатизации и переоборудования в производственных цехах.

Известно, что от структуры тела зависят его свойства. Одной из важных задач, стоящих перед наукой и практикой является повышение производительности изготовления изделий из дисперсных материалов за счет модернизации существующего оборудования и внедрения новых технологических процессов.

Построение математических моделей процессов уплотнения для описания напряженно-деформированного состояния проводится в целях выбора рациональных схем и режимов уплотнения, позволяет управлять структурой изделий. Вследствие этого появляется возможность регулирования свойств изделий, таких как плотность, прочность, газопроницаемость, шероховатость. Внедрение инновационных устройств и способов изготовления прессованных изделий позволит повысить производительность, качество изготавливаемой продукции, то есть приведет к снижению себестоимости продукции, а, значит, сделает ее конкурентоспособной на рынке товаров.

Управление свойствами дисперсных материалов осуществляется через построение математических моделей и тем самым осуществляется прогнозирование технологических параметров для обеспечения заданных характеристик.

В частности, одним из важных технологических свойств дисперсных смесей является газопроницаемость, то есть их способность пропускать газы. Возникает необходимость определить зависимость газопроницаемости от условий прессования.

При статическом прессовании на дисперсную смесь действует давление прессовой колодки и давление воздуха в слое. Давление прессовой колодки определяется по зависимости (1)

$$p_K = \xi \cdot f \cdot \sigma_0 \cdot z \cdot \frac{\Pi}{F_{\text{мат}}}, \quad (1)$$

где  $\xi$  – коэффициент бокового давления;  $f$  – коэффициент внешнего трения;  $\sigma_0$  – давление прессовой колодки на границе с дисперсной смесью;  $\Pi$  – периметр матрицы;  $F_{\text{мат}}$  – площадь матрицы;  $z$  – текущая координата рассматриваемого слоя смеси по высоте.

Давление от воздуха в слое смеси будет определяться по зависимости (2)

$$p_B = (n-1) \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \cdot z, \quad (2)$$

где  $n$  – пористость смеси;  $p$  – давление воздуха в элементарном слое смеси.

Давление на смесь будет суммой давлений от прессовой колодки и внутрипорового воздуха.

$$\xi \cdot f \cdot \sigma_0 \cdot z \cdot \frac{\Pi}{F_{\text{мат}}} + (n-1) \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \cdot z =$$

$$= -\frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left\{ \frac{\alpha}{k_0} \left[ \rho_{np} - \frac{m}{F_{np} \cdot (H-L)} \right] \right\} \quad (3)$$

Газопроницаемость связана с пористостью следующей зависимостью [3]

$$\Gamma = d^2 \cdot \frac{S^2}{96 \cdot (1-n) \cdot \eta} \quad (4)$$

где  $d$  – диаметр зерна;  $S$  – площадь просвета между частицами смеси;  $\eta$  – динамическая вязкость газа.

Таким образом, подставляя (4) в (3), можно выразить значение газопроницаемости.

$$\Gamma = \frac{d^2 \cdot S^2 \cdot \frac{\partial p}{\partial y}}{\left( -\frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left\{ \frac{\alpha}{k_0} \left[ \rho_{np} - \frac{m}{F_{np} \cdot (H-L)} \right] \right\} - \xi \cdot f \cdot \sigma_0 \cdot z \cdot \frac{\Pi}{F_{\text{мат}}} \right) \cdot 96 \cdot \eta}$$

Средний диаметр зерен определяется их фракцией. Очевидно, что площадь просвета между частицами будет зависеть от укладки зерен и их формы.

При этом элементарное внутрипоровое давление можно определить по (5)

$$\partial p = \frac{1}{1 + B_s \frac{N_a V_v}{p_0}} \left\{ \frac{1}{3} (\sigma_1 + 2\sigma_3) + \frac{\sqrt{2}K}{3\mu^2} (\sigma_1 - \sigma_3) \right\} \quad (5)$$

где  $p_0$  – начальное значение порового давления, обычно до приложения механической нагрузки, равное атмосферному;  $N_a$  – начальный объем воздуха в порах в единице объема смеси;  $B_s$  – коэффициент, зависящий от фракции и формы песка;  $V_v$  – коэффициент изменения объема;  $m$  – коэффициент Пуассона смеси;  $K$  – коэффициент пропорциональности.

Определено напряжение релаксации  $\sigma_p$  песчано-смоляной смеси:

$$\sigma_p = \frac{E_0 \cdot E_1 \cdot \varepsilon_p}{2 \cdot (E_0 + E_1)},$$

где  $E_0, E_1$  – соответственно модуль упругости, в момент времени  $t = 0$  и  $t = t_i$ ;  $\varepsilon_p$  – деформация релаксации.

Зависимость (6) есть уравнение ползучести песчано-смоляной смеси при приложенной статической нагрузке на смесь.

$$e = \sigma \cdot \left[ \frac{2 \cdot \tau_1}{E_0} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right) \right], \quad (6)$$

где  $\tau_1$  – период ползучести в момент времени  $t = t_i$ .

На кафедре металлургии, материаловедения и нанотехнологий Карагандинского государственного технического университета установлены основные причины, приводящие к образованию дефектов и снижению качества литья, определены пути повышения качества дисперсных смесей и деталей из литья на ряде машиностроительных и литейных металлургических производств. Разработаны и внедряются в производстве новые способы и устройства для повышения качества структуры дисперсных материалов и ориентированные на дальнейшее совершенствование продукции и получение дополнительной прибыли.

Таким образом, определена газопроницаемость дисперсной смеси в зависимости от расположения слоя в объеме смеси. Полученные математические модели формообразования дисперсных смесей можно использовать в производстве новых материалов, в частности полимерных изделий, твердосплавных материалов методами порошковой металлургии и других.