

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**А. З. Исагулов, д.т.н., В. Ю. Куликов, к.т.н., В. А. Юдакова,  
О. Ю. Воропаева**

Карагандинский государственный технический университет

Құмды-шайырлы қоспаның статистикалық жүктеменің астындағы кернеулі-деформациялық жағдайы серпімді-тұтқыр-пластикалық орта ретінде қарастырылды. Қоспаның технологиялық сипаттамаларының негізгі математикалық моделдері анықталған.

Түйінді сөздер: технологиялық сипаттамалар, дисперстік материалдар.

The stressed-deformational state of sand-tar mixture under static load as resilient-viscoplastic medium is considered. The main mathematical models of technological characteristics of mixture are determined.

**Key words:** technological characteristics, dispersion materials.

В природе, технике, в том числе и при производстве новых материалов, часто встречаются дисперсные системы, в которых одно вещество равномерно распределено в виде частиц внутри другого вещества. Это относится, в частности, к процессу таблетирования при производстве полимеров, изготовлении твердосплавных напильников для режущего инструмента, к шихтовым материалам, брикетам, получаемым в металлургической практике, и некоторым другим системам, широко используемым в производстве новых и традиционных материалов.

Большинство формовочных смесей в металлургии и литейном производстве относятся к трёхфазовым системам (Т:Ж:Г), для которых структурно-механические (реологические свойства) являются определяющими. При этом главная особенность дисперсных систем заключается в сильно развитой межфазной поверхности и большом значении избыточной поверхностной энергии Гиббса. Такие системы характеризуются самопроизвольным образованием пространственных структур, которые определяют их основные структурно-механические свойства. В свою очередь, образование пространственных структур и агрегатов, особенно при наличии внешней нагрузки,

связки, с различными типами контактов между твердыми частями, является, на наш взгляд, тем основным фактором который определяет свойства дисперсных систем в различных технологических процессах.

Существующие математические модели не учитывают это обстоятельство, что значительно снижает их эффективность. В настоящее время недостаточно разработаны модели формирования прочных и плотных дисперсных систем, применительно к прессованию и нагреваемым смесям.

Применение компьютерных технологий и моделирования позволяет сделать расчеты параметров машин и оборудования и технологических процессов производства значительно более подробно и точно, что существенно повышает качество разработки промышленной техники и технологии. В конечном итоге это сказывается на жизнедеятельности общества. Необходимо иметь в виду, что эффективное воздействие на организацию качественной бездефектной продукции достигается только при правильном выборе технологических процессов, соответствующем техническом оснащении производственных, в том числе и литейных цехов, возможно заранее предусмотреть, как отразятся на заготовках и готовые изделия те или иные факторы. Этого можно достигнуть путем полного переоборудования и внедрения новых технологий 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 и описание напряженно-деформированного состояния проводимой целью выбора рациональных схем и режимов уплотнения дисперсных смесей, позволяет управлять структурой изделий. Вследствие этого появляется возможность регулирования таких свойств изделий как плотность, прочность, газопроницаемость, шероховатость. Одними из важных технологических свойств дисперсных смесей является их газопроницаемость, т. е. их способность пропускать газы. Поэтому необходимо определить зависимость газопроницаемости изделий прессования.

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

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

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.

В [2] определена зависимость давления  $P$  от плотности и массы смеси:

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

где  $\alpha$  - коэффициент потери сжимаемости;  
 $k_0$  - начальное значение коэффициента прессования;  
 $\rho_{np}$  - предельная плотность сплошного тела;  
 $m$  - масса смеси;  
 $F_{np}$  - площадь прессовой колодки;  
 $H$  - высота заполнения матрицы;  
 $L$  - расстояние, пройденное поршнем при прессовании.

Давление на смесь будет суммой давлений от прессовой лодки и внутривоздуха:

$$\xi \cdot f \cdot \sigma_0 \cdot z \cdot \frac{\Pi}{F_{\text{мат}}} + (n-1) \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \cdot z = -\frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left\{ \frac{\alpha}{k_0} \left[ \rho_{np} - \frac{m}{F_{np} \cdot (H-L)} \right] \right\}. \quad (3)$$

Газопроницаемость связана с пористостью следующей зависимостью [3]:

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

где  $d$  - диаметр зерна;

$S$  - площадь просвета между частицами смеси;

$\eta$  - динамическая вязкость газа.

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

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

Средний диаметр зерен определяется их фракцией. Очевидно, что площадь просвета между частицами будет зависеть от уклада зерен и их формы. При этом элементарное внутривязкое давление можно определить по (5) [4]:

$$\partial p = \frac{1}{1+B} \cdot \frac{N_0 V_0}{\rho_0} \left\{ \frac{1}{3} (\sigma_1 + 2\sigma_3) + \frac{\sqrt{2} K}{3\mu^2} (\sigma_1 - \sigma_3) \right\},$$

где  $\rho_0$  - начальное значение порового давления, обычно до приложения механической нагрузки, равное атмосферному;

$N_0$  - начальный объем воздуха в порах в единице объема смеси;

$B$  - коэффициент, зависящий от фракции и формы песка;

$\Gamma$  - коэффициент изменения объема;

$\mu$  - 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  $t=t_p$ ;

$\varepsilon_p$  - деформация релаксации.

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

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

где  $\tau_1$  - период ползучести в момент времени  $t=t_1$ .

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

На кафедре «Машины, технологии легкого производства конструктивных материалов» Казахского государственного университета установлены основные причины, приводящие к образованию дефектов в конструктивных качествах литых изделий и пути повышения качества дисперсных смесей и деталей и узлов некоторых машиностроительных и литейных металлургических производствах. Разработаны и внедряются в производство приспособы и устройства для повышения качества структуры дисперсных материалов и ориентированные на дальнейшее совершенствование продукции и получение дополнительной прибыли.

#### Литература

- Матвеев И. В., Исагулов А. З., Байес А. А. Динамические процессы и машины для уплотнения литейных форм. // Физматлит, 1998. - 345 с.
- Максимов Е. В., Исагулов А. З., Малышев Е. Ю. Механизм уплотнения слоя дисперсных частиц и особенности взаимодействия с ними // Материаловедение: науч.-практ. конф., посвященная 10-летию Е. А. Букетова. - Казань: 2005. - С. 422-429.
- Гуляев Б. Б., Корнюшкин С. А., Кузин А. В. Сормовочные процессы. - Л.: Машиностроение, 1987. - 264 с.
- Исагулов А. З., Малышев Е. П., Киселев В. Ю. Влияние температуры окружающего воздуха на напряженно-деформационное состояние дисперсионно-уплотненной среды при статической нагрузке // Тр. ИГиЛ. - 2004. - № 3. - С. 34-36.