

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ И РЕЛАКСАЦИИ ПЕСЧАНО-СМОЛЯНЫХ СМЕСЕЙ

Куликов В.Ю., Квон С.С., Исагулов А.З., Ковалёва Т.В., Щербаклова Е.П.

*РГП на ПХВ «Карагандинский государственный технический университет»,
Караганда, e-mail: mlpikm@mail.ru*

Определены уравнения процессов уплотнения для описания напряженно-деформированного состояния, проводится в целях выбора рациональных схем и режимов уплотнения, что позволяет управлять структурой изделий. Вследствие этого появляется возможность регулирования свойств изделий, таких как плотность, прочность, газопроницаемость, шероховатость. Использование математических моделей для изготовления прессованных изделий позволит повысить производительность, качество получаемых отливок, то есть приведет к снижению себестоимости продукции, а значит, сделает ее конкурентоспособной на рынке товаров. Управление свойствами песчано-смоляных материалов осуществляется через построение математических моделей и тем самым появляется возможность получать литейные формы с заранее заданными свойствами. Полученные математические зависимости формообразования песчано-смоляных смесей можно использовать в производстве новых материалов, в частности полимерных изделий, твердосплавных материалов методами порошковой металлургии и других.

Ключевые слова: смесь, модель, газопроницаемость, напряжение, релаксация, ползучесть

DETERMINATION OF STRESS CREEP AND RELAXATION SAND-RESIN MIXTURES

Kulikov V.Y., Kvon S.S., Isagulov A.Z., Kovaleva T.V., Scherbakova E.P.

RSE on RB «Karaganda State Technical University», Karaganda, e-mail: mlpikm@mail.ru

Defined equations to describe the processes of compaction stress-strain state is carried out in order to choose the rational schemes and regimes seal that allows you to control the structure of products. Consequently, it becomes possible to adjust the properties of articles, such as density, strength, permeability, surface roughness. The use of mathematical models for the production of extruded products will increase the productivity, the quality of the castings, ie lead to lower production costs, and thus make it competitive in the market for goods. Controls properties of sand and resin materials through the construction of mathematical models and thus it is possible to obtain molds with predetermined properties. The resulting mathematical relationships forming sand-resin mixtures can be used in the production of new materials, such as plastic products, hard alloy materials by powder metallurgy and others.

Keywords: mixture, model, permeability, stress, relaxation, creep

Одним из представителей дисперсных сред являются песчано-смоляные смеси. Подобные смеси широко используются на практике в металлургии и литейном производстве. Построение математических моделей смесей и процессов уплотнения для описания напряженно-деформированного состояния проводится в целях выбора рациональных схем и режимов уплотнения, позволяет управлять структурой форм. Вследствие этого появляется возможность регулирования свойств форм, таких как плотность, газопроницаемость.

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 главной особенностью песчано-смоляных систем является сильно развитая межфазная поверхность и большое значение 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, с различными типами контактов между твёрдыми частицами, является, на наш взгляд, тем основным фактором, который определяет свойства песчано-смоляных систем в различных технологических процессах. Существующие математические модели не учитывают это обстоятельство, что значительно снижает их эффективность.

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

Целью научной работы является разработка моделей дисперсных сред на примере песчано-смоляной смеси для оперативного управления ее структурой и технологии

изготовления отливок в песчано-смоляных формах.

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. Использование математических моделей для изготовления прессованных изделий позволит повысить производительность, качество изготавливаемой продукции, то есть приведет к снижению себестоимости продукции, а значит, сделает ее конкурентоспособной на рынке товаров.

Материал и методы исследования

Обоснованность результатов исследований подтверждается использованием современного оборудования и приборов и применением методик проведения испытаний и обработки результатов.

Материалами исследования явились компоненты песчано-смоляной смеси. Методы исследования, использованные в работе, – эксперимент, наблюдение, математические расчеты, анализ.

Результаты исследования и их обсуждение

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

В частности, одним из важных технологических свойств песчано-смоляных 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 [1, 2].

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 ξ – коэффициент бокового давления; f – коэффициент внешнего трения; σ_0 – давление прессовой колодки на границе с песчано-смоляной смесью; Π – 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)

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

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

В [3] определена зависимость давления P от плотности и массы смеси:

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

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

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

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

Газопроницаемость связана с пористостью следующей зависимостью [4]:

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

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

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

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

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

При этом элементарное внутривязное давление можно определить по (5) [5]:

$$\partial p = \frac{1}{1 + B_3 \frac{N_a V_0}{P_0}} \times$$

$$\times \left\{ \frac{1}{3} (\sigma_1 + 2\sigma_3) + \frac{\sqrt{2}K}{3\mu^2} (\sigma_1 - \sigma_3) \right\},$$

где p_0 – начальное значение порового давления, обычно до приложения механической нагрузки равно атмосферному; N_a – начальный объем воздуха в порах в единице объема смеси; B_3 – коэффициент, зависящий от фракции и формы песка; V – коэффициент изменения объема; μ – коэффициент Пуассона смеси; K – коэффициент пропорциональности.

Определено напряжение релаксации σ_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 $t = t_1$; ε_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 τ_1 – период ползучести в момент времени $t = t_1$.

На кафедре «Машины, технология литейного производства и конструкционные материалы» Карагандинского государственного технического университета установлены основные причины, приводящие к образованию дефектов и снижению качества литья, определены пути повышения качества песчано-смоляных 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 песчано-смоляных материалов и ориентированные на дальнейшее совершенствование продукции и получение дополнительной прибыли.

Выводы

Таким образом, определены напряжения релаксации и ползучести песчано-смоляной смеси в зависимости от расположения слоя в объеме смеси. Полученные математические зависимости формообразования песчано-смоляных смесей можно использовать в произ-

водстве новых материалов, в частности полимерных изделий, твердосплавных материалов методами порошковой металлургии и других.

Полученные уравнения напряженно-деформированного состояния песчано-смоляной смеси, прессования и теплопроводности могут использоваться для инженерных расчетов, а также в учебной и производственной практике.

Список литературы

1. Матвеев И.В., Исагулов А.З., Дайкер А.А. Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм. – Алматы: Гылым (Наука), 1998. – 345 с.
2. Гуляев Б.Б., Корнюшкин О.А., Кузин А.В. Формовочные процессы. – Л.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
3. Максимов Е.В., Исагулов А.З., Куликов В.Ю. Механизм уплотнения слоя песчано-смоляных частиц и особенности взаимодействия теплоносителя с ними // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Е.А. Букетова (23–24 марта 2005). – Караганда, 2005. – С. 422–429.
4. Issagulov A.Z., Kulikov V.YU., Shcherbakov E.P. Developing technological process of obtaining quality casts // Metalurgija, Хорватия. – 2014. – № 53 (4). – С. 601–604.
5. Исагулов А.З., Куликов В.Ю., Щербакова Е.П. Прочность и плотность песчано-смоляных смесей при одновременном статическом и термическом прессовании // Труды XI Международной научно-практической конференции «Strategiczne Pytania Światowej Nauki» (7–15 февраля 2015 г.) – Пржемысль, 2015. – С. 13–15.

References

1. Matveenko I.V., Isagulov A.Z., Dajker A.A. Dinamicheskie i impulsnye processy i mashiny dlja uplotnenija litejnyh form. Almaty: Gylym (Nauka), 1998. 345 p.
2. Guljaev B.B., Kornjushkin O.A., Kuzin A.V. Formovochnye processy. L.: Mashinostroenie, 1987. 264 p.
3. Maksimov E.V., Isagulov A.Z., Kulikov V.Ju. Mekanizm uplotnenija sloja peschano-smoljanyh chastic i osobennosti vzaimodejstvija teplonositelja s nimi // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 80-letiju E.A. Buketova (23-24 marta 2005). Karaganda, 2005. pp. 422–429.
4. Issagulov A.Z., Kulikov V.YU., Shcherbakov E.P. Developing technological process of obtaining quality casts // Metalurgija, Horvatija, 2014, no. 53 (4), pp. 601–604.
5. Isagulov A.Z., Kulikov V.Ju., Shcherbakova E.P. Prochnost i plotnost peschano-smoljanyh smesej pri odnoremennym staticheskom i termicheskom pressovanii // Trudy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Strategiczne Pytania Światowej Nauki» (7–15 fevralja 2015 g.) Przemysl, 2015 g. pp. 13–15.

Рецензенты:

Ким А.С., д.т.н., главный научный сотрудник, Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева, Республиканское государственное предприятие «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан, г. Караганда;

Тутанов С.К., д.т.н., заведующий кафедрой «Высшая математика», Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Карагандинский государственный технический университет» Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Караганда.

Работа поступила в редакцию 1.04.2015.