

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

А.Н. Нестеров, М.А. Остапенко
(ДонНТУ, Донецк, Украина)

Разработана математическая модель процесса формования твердых отходов, позволяющая учесть конструктивные параметры реального формующего устройства при использовании результатов компрессионных испытаний для определения давления и усилия формования.

Процесс формования используется при подготовке твердых бытовых и промышленных отходов к технологической и энергетической переработке.

При расчете оборудования для формования используются результаты компрессионных испытаний обрабатываемого материала. При этом не учитывается, что конструктивные параметры рабочего устройства для формования значительно отличаются от конструктивных параметров матрицы, используемой при компрессионных испытаниях. Это приводит к значительной погрешности при расчете давления и усилия формования.

В данной работе рассматривается комплексный подход к определению давления формования для достижения заданной плотности с учетом конструктивных параметров (форма и размеры рабочего объема устройства для формования), а также физико-механических свойств формуемого материала (коэффициент бокового давления, коэффициент внешнего трения, начальная объемная плотность материала).

Схема формования материала в замкнутом объеме показана на рисунке 1.

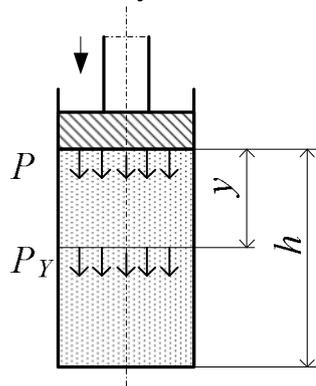


Рис. 1. Схема формования в замкнутом объеме.

Известное решение для определения среднего по поперечному сечению осевого давления в формовке, представлено формулой (1), которая получена с использованием гипотезы плоских сечений [1].

$$P_y = P \exp\left(-kf \frac{\Pi}{S} y\right), \quad (1)$$

где P_y – осевое давление в формовке на расстоянии y от устройства для формования;

P – давление на поверхности устройства для формования;

k, f – соответственно коэффициент внешнего трения и бокового давления формуемого материала;

Π, S – соответственно периметр и площадь поперечного сечения формовки.

Предполагая, что объемная плотность формовки одинакова во всех точках заданного поперечного сечения, находим формулу (2) для определения средней объемной плотности

$$\rho = \frac{1}{h} \int_0^h \rho_y dy, \quad (2)$$

где h - высота формовки;

где ρ_y - плотность тонкого слоя материала при давлении формования P_y , которая определяется при компрессионных испытаниях.

Высота формовки определяется по формуле

$$h = h_0 \frac{\rho_0}{\rho}, \quad (3)$$

где h_0 - начальная высота порции формуемого материала;

ρ_0 - начальная объемная плотность формуемого материала.

ρ - средняя объемная плотность формовки.

Величина ρ_y определяется по формуле (4), описывающей результаты компрессионных испытаний прессуемого материала в полном диапазоне давлений от нуля до P_{max} , что позволяет повысить точность исследований по сравнению с ранее описанным подходом, при котором описание результатов компрессионных испытаний производилось в ограниченном диапазоне давлений и без учета начальной плотности [2].

$$\rho_y = \rho_0 + \alpha P_y^\beta, \quad (4)$$

где α и β - экспериментальные коэффициенты компрессионных испытаний.

После подстановки выражений (4) и (1) в формулу (2) и интегрирования получаем формулу (5), устанавливающую влияние различных факторов на среднюю объемную плотность формовки

$$\rho = \rho_0 + \frac{\alpha P^\beta}{\beta k f \frac{\Pi}{S} h} \left[1 - \exp\left(-\beta k f \frac{\Pi}{S} h\right) \right]. \quad (5)$$

Из формулы (5) после преобразований приходим к формуле (6), устанавливающей влияние различных факторов на давление прессования

$$P = \left[\frac{(\rho - \rho_0) \beta k f \frac{\Pi}{S} h}{\alpha \left(1 - \exp\left(-\beta k f \frac{\Pi}{S} h\right) \right)} \right]^{\frac{1}{\beta}}. \quad (6)$$

Для упрощения анализа формул (5) и (6) введем в рассмотрение безразмерный параметр δ

$$\delta = \frac{\left[1 - \exp\left(-\beta k f \frac{\Pi}{S} h\right) \right]}{\beta k f \frac{\Pi}{S} h}. \quad (7)$$

Тогда формулы (5) и (6) примут следующий вид:

$$\rho = \rho_0 + \delta \alpha P^\beta; \quad (8)$$

$$P = \left[\frac{(\rho - \rho_0)}{\alpha \delta} \right]^{\frac{1}{\beta}}. \quad (9)$$

Если $\frac{\Pi}{S} h \rightarrow 0$, то $\delta = 1$ и формула (8) преобразуется в формулу (4), которая получена при обработке результатов компрессионных испытаний тонкого слоя материала во всем диапазоне изменения давления.

Сравнивая выражения формулы (9), записанные для рабочих условий и для условий компрессионных испытаний, приходим к формуле (10) для определения рабочего давления P_p , необходимого для формования массы до заданной плотности ρ .

$$P_p = P_k \left[\frac{1}{\delta} \right]^{\frac{1}{\beta}}, \quad (10)$$

где P_k - давление формования, которое обеспечило при компрессионных испытаниях достижение заданной плотности ρ .

Полученные результаты позволяют предложить следующую последовательность проектирования устройства для формования твердых отходов:

1. Проводятся экспериментальные исследования для определения физико-механических характеристик формуемого материала (начальная объемная плотность - ρ_0 , коэффициент бокового давления - k , коэффициент внешнего трения - f).
2. С использованием известной методики [3] проводятся компрессионные испытания формуемого материала и определяются коэффициенты α и β выражения (4), описывающего результаты компрессионных испытаний.
3. Уточняются исходные данные (форма и размеры формовки - Π , S , h_0 и средняя объемная плотность - ρ).
4. По формуле $h = h_0 \rho_0 / \rho$ определяется конечная высота порции сформованного материала.
5. По формуле (7) рассчитывается безразмерный параметр δ .
6. По результатам компрессионных испытаний определяется давление формования P_k , соответствующее заданной плотности ρ .
7. По формуле (10) определяется рабочее давление формования.
8. По формуле $F = P_p S$ рассчитывается усилие формования.

Список литературы:

1. Генералов М.Б. Механика твердых дисперсных сред в химической технологии. - Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2002. -592с.

2. Остапенко М.А. Моделирование процессов уплотнения сыпучих и порошковых материалов. В сб.н.тр.ДонГТУ.Серия: Химия и химическая технология. Выпуск 13/ гл.ред. Башков Е.А.:Донецк: ДонГТУ.- с. 174-178.

3. Остапенко М.А., Нестеров А.Н. Универсальный прибор и методика комплексного исследования физико-механических свойств бурого угля // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія "Хімія і хімічна технологія". Випуск 95 – Донецьк: ТОВ фірма "Друк-Інфо", 2005. – С. 157 – 162.

УДК 662.741

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ВНУТРЕННЕГО И ВНЕШНЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ВВ

Бован Д.В., Веретельник С.П.

(ДонНТУ, Донецк, Украина)

В последние годы участились случаи чрезвычайных ситуаций, связанные с утилизацией и хранением взрывчатых веществ (ВВ). Это в определенной степени обусловлено недостаточным учетом опасностей в обращении с ВВ в том числе и недостаточной изученностью изменения свойств ВВ в процессах производства, переработки и хранения.

На наш взгляд такое положение требует большего внимания к теоретическим и экспериментальным исследованиям на молекулярном уровне именно в области физико-химических и физико-механических свойств ВВ и предотвращения или, по мере возможностей, снижения опасности нежелательных изменений и проявлений этих свойств в различных технологических процессах связанных с ВВ.

В данной работе предпринята попытка систематизировать представления о характеристиках межатомного и межмолекулярного взаимодействия, что безусловно является основой проявления свойств веществ в общепринятом виде технологических или технических характеристик, применяемых в инженерной практике.

В дисперсных системах, которые являются многие ВВ или их компоненты каждая частица находится под действием системы внешних и внутренних сил и возбуждаемых ими энергетических полей. Внешние поля возникают за счет действия прикладываемой к материалу нагрузки и гравитационных сил. Внутренние поля возбуждаются межатомным и межмолекулярным взаимодействием, источниками которых являются сами структурные элементы материала – отдельные частицы, формирующие массив вещества.

В общем случае могут в той или иной степени проявиться следующие виды физических и химических связей между частицами: силы химической природы, молекулярные силы, ионно–электрические силы, капиллярные, электростатические, магнитные и силы механического сцепления. Проявление указанных сил может вызвать следующие механизмы взаимодействия между частицами дисперсных композиций.

1. Межатомное взаимодействие.
2. Межмолекулярное взаимодействие.
3. Взаимодействие между твердыми частицами.
4. Образование твердых мостиков между частицами.
5. Соединения за счет связующего.
6. Механические связи зацепления между частицами.

Преимущественное проявление того или иного из указанных факторов или механизмов взаимодействия частиц сыпучих материалов зависит от их состава, свойства структуры, а также определяется перестройкой и изменением структуры в процессах истечения из сосудов, движения в транспортных системах и компактирования при воздействии внешнего давления технологических машин и устройств [1].

Межатомное взаимодействие, взаимодействие между атомами, как свободными, так и входящими в состав одной или разных молекул, кристаллов и т. д. межатомное взаимодействие может быть ковалентным, ионным, металлическим, типа водородной связи и Ван-дер-Ваальсовым. Первые три типа межатомных взаимодействия являются причиной