

УДК 622.7

**О.В. ПОЛУЛЯХ**

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

### **Анализ параметров неоднородности гранулометрического состава зернистых сред**

При изучении физических свойств сыпучих смесей большое внимание уделяется их гранулометрическому составу. Известно большое количество работ, посвященных данному вопросу. Большое внимание изучению гранулометрических характеристик материалов обусловлено тем, что крупность продуктов и распределение их по крупности являются одним из основных факторов влияющих на технические и технологические свойства материалов.

Отличительной особенностью всех ранее предложенных выражений кумулятивного выхода от крупности состоит в том, что выравнивание экспериментальных данных ситового отсева производилось при помощи уравнений с двумя или тремя экспериментальными коэффициентами, физический смысл которых остается не достаточно ясным. Кроме того, каждое предложенное уравнение справедливо в определенном диапазоне крупности. Данное положение с описанием гранулометрических характеристик материалов практически не дает возможности обоснованно экстраполировать данные гранулометрического состава по всему диапазону крупности, выработать показатели сравнения и оценки работы различных машин, процессов и т.д. Необходимо отметить, что практика углеобогащения постоянно сталкивалась и сталкивается с трудностью характеристики гранулометрического состава различных продуктов. Продукты одинаковой средней крупности, но различного распределения частиц по крупности ведут себя по-разному при грохочении, фильтровании и т.д. Исследователи давно пытались найти критерии сравнения зернистых смесей. При этом наибольший интерес представляет влияние не крупности как таковой, а распределение зерен по крупности в каждом конкретном случае, так как порозность и уровень энергетического состояния зернистой среды определяется только распределением зерен по крупности. Следовательно, задача состоит в том, чтобы найти такой параметр

фильтрации жидкости через зернистую смесь пытались учесть неоднородность ее ситового состава так называемым «эффективным» диаметром, при этом за «эффективный» диаметр смеси Газен и Сликхтер рекомендовали принимать диаметр соответствующий 10%, а Зауербрей - 17% выхода по кривой ситового анализа смесей [3]. Однако отсутствие достаточной обоснованности такого выбора, как известно, не привело к практическому использованию такого метода. В работе удельное сопротивление осадка при фильтровании рекомендуется определять методом последовательного присоединения узких классов, взятых по кривой распределения. При этом удельное сопротивление осадка из смеси двух классов определяется по формуле

$$\alpha = \alpha_1 \left( \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right) \frac{M_v}{0,85(d_2/d_1)^2 + 0,15}, \quad (1)$$

где  $\alpha_1; \alpha_2$  - удельное сопротивление отдельных классов;  $M_v$  - доля тонкого класса в смеси;  $d_1; d_2$  - средний диаметр зерен классов.

Такой подход к учету гранулометрического состава при влиянии его на фильтрацию жидкости через зернистую среду следует считать более правильным, так как он содержит в себе элемент характеристики среды по распределению ее зерен по крупности. Однако данный метод представляется трудоемким и громоздким для полидисперсных сред и остается не разработанным.

С целью более точной характеристики ситового состава угольной шихты Бюрстлейн вводит понятие «гранулометрического индекса» определяемого из выражения

$$G = d \frac{c/l}{b/f} \cdot a/h, \quad (2)$$

где  $a, b, c, d, e, f, h$  – размеры сит, через которые проходит соответственно 0,5, 25, 75, 95 и 100% угля.

Очевидным недостатком этого выражения является, то, что все смеси с диапазоном крупности от нуля до  $D$  имеют «гранулометрический индекс» равный нулю, так как  $a/h$  для таких смесей равно нулю, поэтому данное выражение не имеет практической ценности.

С этой же целью Ван Копен [4] вводит так называемое «число

С.Е. Андреева, В.В. Товарова, В.А. Перова [5] характер распределения зерен по крупности отражается различными коэффициентами. Так в уравнении Розина-Раммера

$$K = 100 \ell^{-\delta d^n} \quad (4)$$

рассеивание частиц по крупности характеризует показатель степени  $n$ . В уравнении Годена-Андреева

$$R = Ad^k \quad (5)$$

характер распределения частиц по крупности отражает коэффициент  $k$ . В уравнениях кривых распределения, полученных последователями позднее характер распределения отражается также различными коэффициентами.

Известно, что все эти уравнения применимы к локальному кругу зернистых сред, поэтому показатели распределения этих уравнений являются не универсальными и не могут иметь практического значения.

Пожидаевым В.Ф. [6] найдено уравнение распределения гранулометрического состава во всем диапазоне его крупности в виде

$$F(x) = \Phi \left( \frac{1}{\delta} \cdot \ln \frac{x}{\mu} - \tau \right), \quad (6)$$

где  $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^z \ell^{-t^2/2} \cdot dt$  - интеграл вероятности;  $\mu$ ,  $\delta$  - параметры разделения.

Для использования уравнения (6) необходимо иметь численные значения  $\mu$ ,  $\delta$ , что требует большого количества опытных данных и поэтому не находят широкого применения.

Анализ исследований характеристик крупности различных продуктов показывает, что зернистые среды не могут полностью характеризоваться одним диаметром на каком бы «определяющем свойстве» он не был получен. Критерий подобия сыпучих смесей должен содержать обязательно два параметра. Параметр, отличающий смеси по крупности и параметр, отличающий смеси по характеру распределения частиц по крупности. Совершенно ясно, что две смеси могут быть одинаковой крупности, но иметь различное распределение частиц по крупности и, наоборот, при одинаковом

характеристики продуктов необходимо указывать его некоторую среднюю крупность и некоторый универсальный параметр, связанный с неоднородностью зерен по крупности.

В качестве такого универсального параметра возможно использовать, предложенный Клешниним А.А. [2] так называемый гранпараметр  $P$ , который достаточно адекватно определяет подобие распределения зернистых сред по крупности. Данный параметр получен после изучения физических свойств зернистых смесей. Согласно Клешнину А.А. любая зернистая смесь состоит из скелета и его заполнителя. Деление смеси на скелет и заполнитель, осуществляется исходя из равенства объема заполнителя объему пор в скелете по формулам:

$$\begin{array}{l} \text{выход скелета} \quad - \quad \gamma_c = \frac{1}{1+H}; \\ \text{выход заполнителя} \quad - \quad \gamma_z = \frac{H}{1+H}, \text{ отн. ед.} \end{array} \quad (7)$$

Здесь  $H$  – порозность монофракции материала, величина постоянная и не зависящая от крупности частиц. Так для угля  $H = 0,46$ .

Порозность монофракций для различных материалов может несколько отличаться в зависимости только от формы частиц.

Поэтому выход крупной части смеси в скелет и мелкой в заполнитель для данного материала величина постоянная и для угольных смесей

$$\gamma_c = \frac{1}{1+0,46} = 0,685 (68,5\%); \quad \gamma_z = \frac{0,46}{1+0,46} = 0,315 (31,5\%).$$

Гранулометрический параметр представляет собой отношение среднего диаметра частиц скелета к среднему диаметру частиц заполнителя и указывает на степень возможности войти частицам заполнителя в поры скелета.

В первом крайнем случае для монофракции диаметр частиц заполнителя равен диаметру частиц скелета и  $P = 1$ . В другом случае, когда частицы заполнителя входят в поры скелета, не раздвигая его  $P > 1$ . Таким образом, гранпараметр не зависит от крупности частиц смеси (безразмерный) и изменяется от 1 и более для различных смесей в зависимости только от характера распределения частиц по крупности. Можно всегда найти две

$$P = \frac{d_{cp.c}}{d_{cp.z}}. \quad (9)$$

Таким образом, анализ параметров неоднородности гранулометрического состава зернистых сред, позволяет сделать вывод, что для оценки диапазона крупности машинных классов наиболее целесообразно применение гранпараметра (P).

### Список литературы

1. **Верховский И.М.** Основы проектирования и оценка процессов обогащения полезных ископаемых. - М.: Гостоптехиздат, 1949. - 148 с.
2. **Клешнин А.А.** Исследование процесса фильтрования угольных шламов различного гранулометрического состава: Дис.... канд. техн. наук. - Донецк: ДПИ. - 1974. - 148 с.
3. **Заурбрей И.И.** К вопросу о коэффициенте фильтрации грунтов и методике его исследования // Известия НИИГ. - 1932. - № 5. - С.39-47.
4. **С.В.Й.Ван Коппен** Об основных процессах отсадки. Пятый международный конгресс по обогащению углей. - М.: Недра, 1970. - С. 264-286
5. **Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А.** Закономерности измельчения и исчисления характеристики гранулометрического состава. - М.: Metallurgizdat, 1959. - 373 с.
6. **Пожидаев В.Ф.** Научные основы оценки обогатимости каменных углей и создание ресурсосберегающей технологии их переработки: Дис. ... д-ра техн. наук. - Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2001. - 285 с.