

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КОМКУЕМОСТИ ТОНКОИЗМЕЛЬЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. С. БОГМА, В. М. ВИТЮГИН

(Представлена научной итоговой конференцией химико-технологического факультета)

Несмотря на возросшее значение и вовлечение в сферу промышленного производства агрегирования тонкоизмельченных материалов методом грануляции, общепризнанной методики оценки комкуемости их до сих пор нет. Лишь в качестве одного из основных условий принято, что твердые тонкозернистые материалы приобретают достаточную для грануляции комкуемость при содержании в них 60—80% зерен крупностью менее 60 микрон [1].

Комкуемость материалов определяет степень самопроизвольного агрегирования их при смачивании жидкостью и прочность образующихся комков. Следовательно, эффективность грануляции в существенной мере зависит от влажности гранулируемой шихты. Для удовлетворительного протекания процесса грануляции необходимо соблюдать определенное соотношение между величинами влажности и влагоемкости гранулируемых материалов, которое и определяет показатель оптимальной влажности гранулируемой шихты.

По данным исследований Южгипроцемента [2] оптимальная влажность материала в процессе грануляции близка к показателям максимальной молекулярной влагоемкости. Однако такой вывод не охватывает полностью оценку процесса окомкования, так как максимальная молекулярная влагоемкость определяет только прочность сырых гранул. В реальных условиях для ускоренного процесса окомкования в материал вводится значительно больше влаги, чем это соответствует значению максимальной молекулярной влагоемкости. Для быстрого образования зародышей гранул увлажнение материала приближают к значению его капиллярной влагоемкости. Таким образом, оценка комкуемости тонкозернистых материалов должна проводиться с учетом показателей максимальной молекулярной и капиллярной влагоемкостей.

Основное влияние на максимальную молекулярную и капиллярную влагоемкости материалов, кроме их природы, оказывает форма зерен, крупность и гранулометрический состав, т. е. удельная поверхность материала и плотность упаковки зерен его в слое. При этом величина удельной поверхности материала будет определять максимальную молекулярную влагоемкость, а ситовый состав — капиллярную влагоемкость. При более тонком измельчении увеличивается количество возможных контактов частичек твердого тела с водой, образуется больше тонких пленок воды, что и вызывает повышение максимальной молекулярной влагоемкости и оптимальной влажности.

Как уже отмечалось выше, в качестве показателя для оценки комкуемости материалов следует принять отношение значений максимальной молекулярной и капиллярной влагоемкостей. Количественное выражение этого показателя в первом приближении можно представить следующим:

$$K = W_m \frac{1}{W_k - W_m},$$

где

K — показатель комкуемости материала;

W_k — капиллярная влагоемкость материала;

W_m — максимальная молекулярная влагоемкость материала.

Из формулы видно, что чем выше значение максимальной молекулярной влагоемкости и чем меньше разность между значениями капиллярной и максимальной молекулярной влагоемкостей, тем выше степень комкуемости материала.

Экспериментальная часть

Для экспериментальной проверки справедливости выражения показателя комкуемости через влагоемкости гранулируемых материалов в качестве объектов исследования были специально выбраны усредненные пробы комкуемых материалов различной степени гранулируемости. Ташлинский кварцевый песок (больше 92% зерен крупностью 0,2—0,5 мм), не гранулирующийся в обычных условиях, маршалит ($\text{SiO}_2 = 92\%$), содержащий больше 83% зерен крупностью менее 0,063 мм и хорошо комкующийся. Для сравнения исследовали также пробы хорошо комкующегося железорудного концентрата Соколвско-Сарбайского месторождения крупностью менее 0,1 мм [3].

При определении капиллярной влагоемкости исследуемый материал воздушно-естественной влажности засыпался по методике Р. Н. Питина [4] в стеклянные цилиндры высотой 100 мм и диаметром 50 мм с сетчатым дном, покрытым фильтровальной бумагой. Цилиндры с материалом помещались в кювету с водой так, чтобы уровень воды превышал нижнюю границу слоя материала на 1—2 мм, и поддерживали этот уровень в течение всего опыта.

После полного насыщения слоя материала капиллярной водой из средней по высоте части слоя отбирались пробы на влажность.

Максимальную молекулярную влагоемкость материала определяли по методу влагоемких сред [5]. При этом пробы материалов отбирались после насыщения их капиллярной водой.

Результаты опытов по определению влагоемкостей исследуемых материалов (за истинную капиллярную влагоемкость принимали влагу, полученную как разность между значениями максимальной капиллярной влагоемкостью, определяемую опытно, и максимальной молекулярной влагоемкостью) приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Из табл. 1 видно, что самое низкое значение показателя комкуемости, как и следовало ожидать, у Ташлинского кварцевого песка. Основная причина этого заключается в монодисперсности песка и, следовательно, малой удельной поверхности и незначительном числе контактов между зернами.

Для увеличения дисперсности Ташлинского песка добавляли в различном количестве маршалит. Интересно отметить, что с увеличением содержания маршалита в смеси максимальная молекулярная влагоемкость возрастает прямолинейно, изменение капиллярной влагоемкости проходит через минимум (рис. 1). Очевидно, при таком составе шихты обеспечивается наиболее плотная укладка частиц (что подтверждается

насыпным весом шихты) и тем самым уменьшается диаметр пор, занимаемый капиллярной водой.

Таблица 1

Состав шихты, %		Влагоемкость, %		Показатель комкуемости
ташлинский кварцевый песок	маршалит	максимальная молекулярная	капиллярная	
100,0	—	0,75	17,45	0,045
95,0	5,0	1,30	15,80	0,089
90,0	10,0	1,75	14,45	0,13
85,0	15,0	2,20	12,20	0,22
80,0	20,0	2,55	11,05	0,30
70,0	30,0	3,70	10,10	0,58
60,0	40,0	4,80	9,90	0,94
50,0	50,0	5,80	10,0	1,38
30,0	70,0	7,60	10,90	2,30
10,0	90,0	9,80	11,80	4,90
—	100,0	10,70	12,60	5,63
Железорудный концентрат		6,3	7,4	5,73

Показатели комкуемости для хорошо гранулируемых маршалита и железорудного концентрата почти равны. Для установления минимального значения показателя комкуемости, при котором процесс грануляции будет протекать в производственных условиях удовлетворительно, были проведены две серии опытов.

Вначале комкуемость исследуемых материалов определялась по такой методике: материал воздушно-сухого состояния засыпался в стакан емкостью 100 мл. В средний слой материала с помощью шприца вводилось по 0,5 мл воды за 5 сек. Через минуту после введения воды исследуемый материал осторожно высыпали на противень и извлекали из него образовавшийся комок. После этого определяли средний размер комка, его вес, величину раздавливающей нагрузки и влажность.

Результаты опытов этой серии показали, что уже при добавке в песок 20% маршалита прочность образующихся комков возрастает больше чем в три раза по сравнению с раздавливающей нагрузкой на 1 комок из кварцевого песка и в среднем составляет 98,5 грамма. Влажность комков при этом резко падает и почти приближается к значению максимальной молекулярной влагоемкости (рис. 1). С увеличением добавки маршалита прочность комков возрастает до

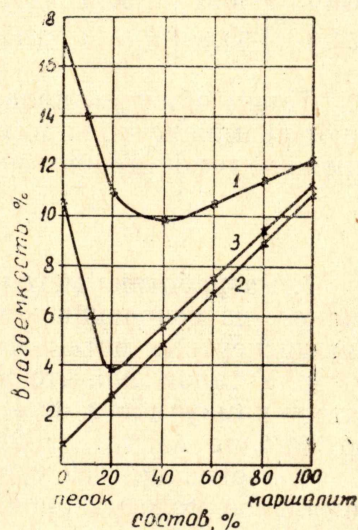


Рис. 1. Зависимость влагоемкости от состава комкуемой шихты.

1. Истинная капиллярная влагоемкость; 2. Максимальная молекулярная влагоемкость; 3. Влажность комков

200—230 граммов (при содержании 90% маршалита), а значения влажности комков заметно сближаются с показателями влагоемкостей шихт.

Для более детальной оценки комкуемости исследуемых материалов проводили испытания на лабораторном дисковом грануляторе диаметром 0,3 м. Механическая прочность получаемых гранул оценивалась по величине раздавливающей нагрузки и по числу безопасных сбрасываний гранул с высоты 100 мм на бетонную плиту.

Действительно, как и ожидалось, кварцевый песок, увлажненный до оптимальной влажности, совершенно не гранулировался. Удовлетворительно процесс грануляции начинается при добавке 30% маршалита, но гранулы при этом получаются еще слабыми и не выдерживают испытаний на сбрасывание (табл. 2). Нормальная гранулируемость кварцевой смеси начинается с добавки 40% маршалита, т. е. при показателе комкуемости, примерно равном единице.

Таблица 2

Влияние маршалита на гранулируемость кварцевого песка

Состав шихты, %		Ситовый состав гранул, %				Механическая прочность гранул			
кварцевый песок	маршалит	+7,0 мм	5—7 мм	3—5 мм	1—3 мм	на раздавливание, г на 1 гранулу		на сбрасывание, число сбрасываний	
						+7 мм	5—7 мм	+7 мм	5—7 мм
80,0	20,0	20,7	28,5	34,0	16,8	29	20	не выдерживает	
70,0	30,0	24,1	36,1	37,5	2,3	51	38	5	11
60,0	40,0	30,0	32,6	37,4	—	103	92	47	114
50,0	50,0	68,3	27,1	9,6	—	340	237	96	132

Таким образом, проведенные экспериментальные данные подтверждают возможность классификации дисперсных материалов по показателям комкуемости через их влагоемкости.

Выводы

1. Разработана методика оценки комкуемости тонкозернистых материалов, на основании которой предложен первый вариант классификации дисперсных материалов по комкуемости.

2. Установлено, что хорошо гранулируемые материалы имеют показатель комкуемости от 4 и выше. Удовлетворительная гранулируемость материалов наступает при показателе комкуемости порядка единицы.

3. Показано, что путем изменения показателей капиллярной и максимальной молекулярной влагоемкости материалов можно регулировать процесс грануляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Румпф. Принципиальные основы и методы гранулирования, Химия и химическая технология (неорганическая химия). № 1, 64, 1959.
2. Л. А. Бернштейн, М. Б. Френкель. Грануляция цементных сырьевых смесей при сухом и мокром способах подготовки. М., Госстройиздат, 1959.
3. В. М. Витюгин, П. Н. Докучаев. К вопросу о выборе рациональной технологии окомкования соколовско-сарбайских концентратов, Горнодобывающая промышленность Казахстана, № 3, 81—83, 1961.
4. Р. Н. Питин. Увеличение веса угля микродобавками углеводородных жидкостей (сб. работ). Изд. АН СССР, 1947.
5. А. М. Васильев. Исследование физических свойств почвы. Госиздат Молдавии, 1952.