

УДК 66.02.539.215.9:621.929

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЦЕСС ИХ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

Багринцев И. И., Ревенко С. А., Табунщиков В. Г., Карпюк Л. В.

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF THE PROPERTIES OF BULK MATERIALS IN THE PROCESS OF MIXING.

Bagrintsev I. I., Revenko S. A., Tabunschikov V. G., Karpyuk L. V.

Большое разнообразие сыпучих материалов, которые используются в химической и других отраслях промышленности, имеют различные, порой слабоизученные свойства, и выявление влияния на процесс получения из них качественных смесей является важной задачей данных исследований.

Ключевые слова: перемешивание, коэффициент неоднородности смеси, сыпучесть, влажность, агломерат, плотность, смеситель.

1. Введение. Свойства сыпучих материалов, перерабатываемых в химической, пищевой, строительной и других отраслях промышленности, настолько разнообразны и малоизучены, что до настоящего времени нет даже четкого определения, отражающего физическую природу этих материалов [1].

Характер влияния на процесс перемешивания отдельных свойств сыпучих материалов – гранулометрического состава, насыпной плотности, влажности, коэффициентов внешнего и внутреннего трения, сыпучести и других изучали многие исследователи [1-3]. Однако результаты некоторых работ содержат противоречивые данные. Причина этого заключается в том, что все названные свойства, за исключением влажности и гранулометрического состава, связаны между собой определенной зависимостью, вид которой еще не установлен. Только влажность и гранулометрический состав могут изменяться независимо друг от друга. Кроме того, исследуемые характеристики не определяют поведение сыпучего материала в процессе перемешивания.

2. Изложение основного материала. С целью выявления физико-механических характеристик сыпучих материалов, определяющих их поведение в процессе перемешивания, в Северодонецком НИИхиммаше и Технологическом институте ВНУ имени В.Даля (г.Северодонецк) были проведены экспериментальные работы по приготовлению композиций полиэтилена. Некоторые физико-механические характеристики исходных компонентов этих композиций приведены в таблице 1, а кинетические кривые процесса перемешивания

– на рис. 1. Композиция приготавливалась при массовой доле ключевого компонента $P=0,25$ на скоростном центробежном смесителе, описание которого достаточно подробно приведено в литературе [3].

Таблица 1

Физико-механические характеристики компонентов композиций полиэтилена

Наименование физико-механических характеристик	Полиэтилен МРТУ-6-05-890-66	Мел ГОСТ 12085-66	Двуокись титана ГОСТ 9808-65	Кадмий красный темный СТУ 30-14348-65
Плотность γ , г/см ³	0,94-0,95	2,8-2,9	4,17	5,3
Насыпная плотность, γ_n , г/см ³	0,25	0,5-0,7	0,68 0,5*	0,97
Угол естественного откоса, α° , град	30-35	35	33	32

* Для двуокиси титана, просеянной через сито 250мк.

Анализ качества полученных смесей показал, что основной причиной неоднородности является наличие агломератов перемешиваемых компонентов, образующихся из-за наличия сил сцепления между частицами, ограничивающих относительное их перемещение. Неразрушенные агломераты хорошо видны на поверхности микросрезов гранул, которые были изготовлены из этих композиций, при соответствующем их увеличении. Различия в физико-механических характеристиках ключевых компонентов (γ , α° , d , f) никак не сказались ни на кинетике процесса перемешивания, ни на конечном качестве композиции (кривая 1 на рис. 1). Вместе с тем наличие агломератов в ключевом компоненте, в случае, когда двуокись титана загружалась в смеситель в состоянии поставки, в значительной мере сказывается на длительности процессов

перемешивания и качестве получаемой смеси (кривая 2 на рис. 1).

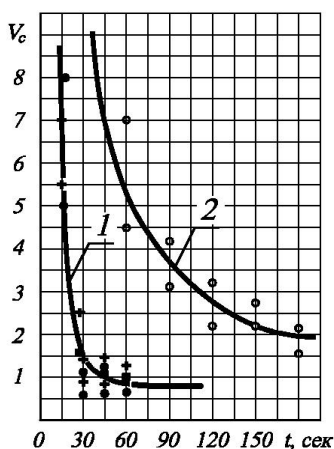


Рис. 1. Зависимость коэффициента неоднородности от продолжительности перемешивания композиции полиэтилена:
 ● – с мелом; ■ – с кадмиевым пигментом;
 + – с двуокисью титана, просеянной на сито 250 мк;
 ○ – с двуокисью титана в состоянии поставки.

3. Результаты исследований. Для количественной оценки влияния сил сцепления материала на процесс перемешивания была произведена серия опытов по приготовлению композиций полиэтилена и песка дисперсностью менее 90 мк. Песку, используемому в качестве ключевого компонента, путем его увлажнения и механической обработки придавалась определенная связность, оцениваемая удельной силой сцепления, которая варьировалась в пределах от 0 до 10 г/см² и определялась разрывным прибором [3]. Опыты проводились на лабораторных образцах смесителей: барабанном, ленточном и центробежном. Массовая доля ключевого компонента составляла P=0,1. Время перемешивания на каждом типе смесителя принималось из условия постоянства числа вращения рабочего органа, равного 600, что достаточно для завершения конвективного процесса перемешивания. Качество смеси определялось по выборке из 30 проб весом 1 г каждая.

Коэффициент неоднородности смеси определялся по формуле

$$V_c = \frac{100\sigma}{P} \%,$$

где $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - P)^2}$ – стандарт смеси;

C_i – значение концентрации ключевого компонента в i -той пробе;

P – массовая доля ключевого компонента;

n – количество отобранных проб смеси.

Средние значения коэффициентов неоднородности V_c , полученные при проведении экспериментов в условиях, описанных выше,

представлены в таблице 2, а линейная интерпретация зависимости $V_c = f(c)$ – на рис. 2.

Как следует из рис. 2, зависимость коэффициента неоднородности смеси V_c^2 от величины удельной силы сцепления материала C хорошо описывается уравнением

$$V_c^2 = A_i C + B_i.$$

После преобразования получим

$$V_c^2 = A_i(c + a),$$

где $a=2$.

Величина $(c+a)$ характеризует сопротивление данных материалов их взаимному перемешиванию, а коэффициент a характеризует сопротивление смешиваемости материалов даже при условии их идеальной подвижности. Коэффициент A_i включает в себя все неучтенные факторы. Различие в его значении с учетом однородности условий проведения экспериментов может быть за счет различия параметров смесителей, определяющих процесс перемешивания.

Таблица 2

Зависимость коэффициента неоднородности от удельных сил сцепления ключевого компонента для разных смесителей

Тип смесителя	Коэффициент неоднородности при удельной силе сцепления, г/см ²				
	0	2,5	5	7,5	10
Барабанный	10,0	15,0	18,5	22,0	24,5
Ленточный	9,0	13,5	17,0	20,0	23,0
Центробежный	1,3	1,8	2,4	2,8	3,2

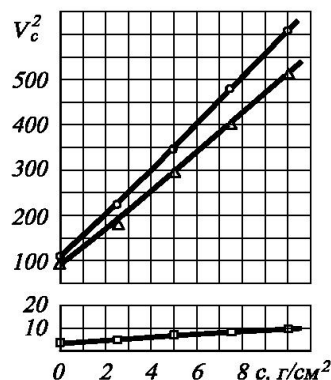


Рис. 2. Изменение коэффициента неоднородности смеси в зависимости от величины удельных сил сцепления ключевого компонента при перемешивании в смесителях:
 ○ – барабанном; Δ – ленточном; □ – центробежном.

4. Выводы. Таким образом, установлено, что коэффициент неоднородности смеси увеличивается с ростом удельных сил сцепления материала и может быть выражен зависимостью

$$V_c = A_i(c + a)^{0,5}.$$

Однородность получаемой смеси может быть повышена за счет подготовки компонентов к смешиванию путем их дезагрегирования, причем более тщательной подготовки компонентов требуют

тихоходные смесители, не обладающие диспергирующим эффектом.

Дальнейшие исследования, на наш взгляд, целесообразно проводить в направлении раскрытия зависимости коэффициента A_7 от параметров смесителя и времени перемешивания, что позволит определить эффективность применения того или иного типа смесителя на стадии аппаратурного оформления процесса.

Л и т е р а т у р а

1. Платонов П. Н. Состояние и пути развития техники сыпучих материалов // Материалы 2-й Всесоюзной конференции «Механика сыпучих материалов» – Одесса, 1972. – С. 14-21.
2. К вопросу исследования физико-механических свойств сыпучих материалов / П. Н. Платонов, В. Е. Глушков, Л. И. Карнаушенков [и др.] // Инженерно-физический журнал. – 1970. - № 4. – С. 702-708.
3. Модестов В. Б. Смесители сыпучих и пастообразных материалов : монография. – Луганск : СПД Резников В. С., 2011. – 352 с.

R e f e r e n c e s

1. Platonov P. N. Sostojanie i puti razvitija tehniki sypuchih materialov // Materialy 2-j Vsesojuznoj konferencii «Mehanika sypuchih materialov» – Odessa, 1972. – S. 14-21.
2. K voprosu issledovanija fiziko-mehaničeskikh svojstv sypuchih materialov / P. N. Platonov, V. E. Glushkov, L. I. Karnaushenkov [i dr.] // Inženerno-fizičeskij žurnal. – 1970. - № 4. – S. 702-708.
3. Modestov V. B. Smesiteli sypuchih i pastooobraznyh materialov : monografija. – Lugansk : SPD Reznikov V. S., 2011. – 352 s.

Багрінцев І. І., Ревенко С. А., Табунціков В. Г., Карпюк Л. В. Дослідження характеру впливу властивостей сипучих матеріалів на процес їх перемішування

Велика різноманітність сипучих матеріалів, які використовуються в хімічній та інших галузях промисловості, має різні, інколи слабовивчені властивості, і виявлення впливу на процес отримання з них якісних сумішей є важливим завданням даних досліджень.

Ключові слова: перемішування, коефіцієнт неоднорідності суміші, сипкість, вологість, агломерат, щільність, змішувач.

Bagrintsev I. I., Revenko S. A., Tabunschikov V. G., Karpyuk L. V. The study of the influence of the properties of bulk materials in the process of mixing.

A wide variety of bulk materials that are used in the chemical and other industries, have different, often poorly studied properties and to determine the impact on the process of obtaining a high-quality mix of them is an important goal of these studies.

Key words: mixing, inhomogeneity coefficient of the mixture, flowability, humidity, agglomerate, density, mixer

Багрінцев Іван Іванович - к.т.н, доцент, доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Севєродонецьк)

Ревенко Станіслав Антонович – к.т.н, с.н.с., доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Севєродонецьк)

Табунціков Володимир Георгійович - старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Севєродонецьк)

Карпюк Людмила Вікторівна - старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Севєродонецьк)

Рецензент: Суворін О. В. - д.т.н., доцент

Стаття подана 04.11.2013