

УДК 549.623.81; 678.844

Г. В. Булидорова, А. Л. Афанасьева

ВЛИЯНИЕ ГИДРОФОБИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЧАСТИЦ ТАЛЬКА НА СЫПУЧЕСТЬ ПОРОШКА

Ключевые слова: порошок талька, сыпучесть, угол естественного откоса, гидрофобизатор, гидрофобизация поверхности.

Несколькими независимыми способами получены кривые распределения частиц талька по размерам. Определены краевые углы смачивания и поверхностное натяжение растворов гидрофобизатора. Измерен электрокинетический потенциал частиц и электрическая проводимость растворов. Изучено влияние гидрофобизации поверхности частиц талька на сыпучесть порошка. Показана зависимость угла естественного откоса и скорости высыпания порошка из стальной воронки от концентрации гидрофобизатора.

Keywords: talc powder, flowability, angle of repose, waterproofing agent, surface hydrophobicity.

Effect of surface hydrophobicity of talc on flowability properties of the has been explored. The particle-size distribution of talc was examined by several independent methods. Zeta potential of particles, wetting angles, electric conductivity of the solutions and surface tension has been determined. The dependence of angle of repose and time needed for the sample to flow out of the funnel on waterproofing agent concentration has been studied.

Введение

Порошок природного талька благодаря уникальным свойствам этого минерала нашел широкое применение в различных отраслях промышленности. Как наполнитель он широко используется в бумажной и резинотехнической промышленности, при изготовлении керамики, красок, твёрдых смазок, при обработке тканей и других изделий. Тальк входит в состав таблеток в качестве разбавителя, он используется в пищевой промышленности в качестве пищевой добавки E553b, препятствующей слеживанию и комкованию, в косметической промышленности тальк выступает как основа для пудры, румян и теней [1-3].

Объем операций с тальком на различных предприятиях исчисляется миллионами тонн; значительная часть его транспортируется во внутризаводских условиях механическим транспортом или пневмотранспортом и подвергается тем или иным способам дозирования в процессе переработки. Правильная организация процессов транспортировки и точность дозирования талькового порошка обеспечивает его равномерную подачу на различные ступени и стадии технологических процессов, от чего, в свою очередь, в значительной степени зависит качество выпускаемой продукции.

Способы транспортировки и дозирования талька, как и других сыпучих материалов, определяются такими параметрами порошка, как форма, средний размер частиц и полидисперсность по размерам, плотность и насыпная плотность, абразивность, электризуемость, влажность и др. Пневмотранспорт отличает от других способов транспортировки сыпучих материалов ряд преимуществ, таких, как возможность монтажа оборудования на ограниченных территориях,

отсутствие потерь и запыленности при транспортировке, высокая производительность.

Выбор метода транспортирования талька во многом определяет схему дальнейшего дозирования и ассортимент вспомогательной аппаратуры и дозирующих устройств. Так при конвейерной транспортировке талька для последующего дозирования необходимо обеспечить равномерное распределение порошка на ленте.

Решение задач транспортировки и дозирования нередко затруднено вследствие слеживаемости порошка, его плохой сыпучести порошка и склонности к комкованию. В этом случае на определенных стадиях применяют разрыхляющие устройства различных конструкций, либо прибегают к предварительной обработке порошкового материала [4, 5]. Значительно повысить сыпучесть порошка позволяет удаление пыли (даже частичное). Поскольку сыпучесть снижается с уменьшением размера частиц, то зачастую для того, чтобы улучшить способность порошка сыпаться, его гранулируют. В литературе встречаются также данные о снижении слеживаемости и улучшении сыпучести порошковых материалов при гидрофобизации поверхности частиц с помощью поверхностно-активных веществ [6-8].

Предварительную обработку порошка могут проводить и с другими целями. Так, применяющийся в косметической промышленности тальк в ряде случаев обрабатывают гидрофобизирующими составами, для того, чтобы содержащие тальк продукты не впитывали влагу из воздуха и пот и лучше сохраняли свои характеристики [9].

В данной работе исследована сыпучесть талька марки ТМО (тальк медицинский очищенный), который может применяться в

качестве наполнителя лекарственных форм как наружного, так и внутреннего и применения, в присутствии гидрофобизаторов.

Экспериментальная часть

В работе использовался порошок талька ТМО по ТУ 5727-003-46689024-2001 Шабровского талькового месторождения. В соответствии с ТУ остаток на сетке № 009 при просеивании порошка составляет не более 0,05 %; асбестообразующие минералы в порошке отсутствуют; pH водной вытяжки находится в пределах 6,5-8,5.

В качестве гидрофобизаторов применяли метилсиликонат калия $(CH_3Si-OK)_n$, где $n = 1-2$ (ТУ 2229-512-05763441-2007) производства Силикон Глобал Рус, поставляемый в виде 40% водного раствора и два товарных продукта производства СОФЭКС-Силикон (ТУ 2251-011-42942526-00 с изм. 1-4): софэксил-1520 марки А - 20% водно-масляную эмульсию полидиметилсилоксана и софэксил-1520 марки Б - водный раствор смеси блоксополимеров на основе этиленоксида и пропиленоксида, допущенные к применению в пищевом, фармацевтическом и косметическом производстве.

После обработки порошок сушился и просеивался через сито с размером ячейки 63 мкм. Эксперименты проводили при температуре 25°C.

Измерение размеров частиц, электрической проводимости раствора и ζ -потенциала частиц проводили на приборе Malvern Zetasizer Nano. Для оценки полидисперсности частиц порошка по размерам применяли также ситовой анализ (был использован набор лабораторных металлотканых сит с латунной сеткой согласно ГОСТ 6613-86). Размеры частиц порошка оценивались и по скорости седиментации с использованием весового седиментометра СВ-1. Концентрация дисперсной фазы составляла 0,8 % мас. Высота столба жидкости над чашечкой весов равнялась 0,169 м.

Краевой угол смачивания поверхности определяли методом сидящей капли при помощи прибора EasyDrop, снабженного микрометрической насадкой и термостатом. Микрошприцем на подложку наносили не менее 7 капель одинаковых размеров так, чтобы их диаметр не превышал 2-3 мм.

Поверхностное натяжение определяли методом Дю-Нуи (метод отрыва кольца) на приборе «Тензиометр Кб», снабженном скрученной проволокой, которая растягивается между двумя зажимными механизмами.

Сыпучесть характеризовалась по времени высыпания 100 г порошка через калиброванное отверстие стальной конусообразной воронки с углом раствора 60°. Использовался набор воронок с различными диаметрами выпускных отверстий. Для удаления остаточной влаги перед измерением порошок выдерживался в сушильном шкафу при 80°C не менее двух часов. В ходе измерения допускалось не более одного побудительного удара по воронке. Определялся также угол естественного откоса - угол между горизонтальной поверхностью

и образующей конуса насыпанного на нее порошкообразного материала.

Результаты и обсуждение

На предварительном этапе использовавшийся в работе образец порошка талька марки ТМО был охарактеризован. Плотность порошка 2,52 г/см³; насыпная плотность 0,798 г/см³. Ситовой анализ показал, что исследуемый порошок характеризуется довольно высокой полидисперсностью по размерам (табл. 1). Средний размер частиц по результатам ситового анализа составил 46,3 мкм. Интересным было сопоставить эти данные с результатами седиментационного анализа размеров частиц талька. Дифференциальная кривая распределения частиц талька по размерам, полученная на седиментометре СВ-1, приведена на рис. 1.

Таблица 1 - Результаты ситового анализа порошка талька

Фракции талька, мкм	Содержание фракции, %
> 90	0,5
63÷90	14,2
50÷63	20,8
40÷50	43,3
<40	27,1

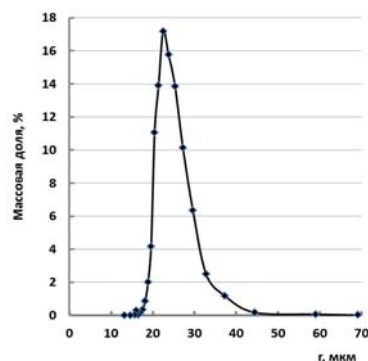


Рис. 1 - Дифференциальная кривая распределения по размерам частиц (по данным о скорости седиментации)

Средний размер частиц по этим данным составляет 23,8 мкм. Разница между полученными различными путями значениями размера частиц может быть связана с определенной предрасположенностью талька к образованию тонкочешуйчатых агрегатов, которые в воде способны частично разрушаться («распускаться»). Другим, более вероятным объяснением различия между данными ситового и седиментационного анализов, является снижение скорости седиментации частиц талька (и, соответственно, уменьшение вычисленного по этой скорости значения размера частиц) вследствие его склонности к самофлотации, которую подтверждают данные исследования, проведенного на мерных цилиндрах в режиме стесненного осаждения [10]. Исследование надосадочной жидкости, проведенное на приборе Malvern Zetasizer Nano, показало, что порошок талька содержит не

только крупные фракции, но и частицы нанодиапазона, с размером до 20-30 нм (рис. 2).

Сыпучесть порошковых материалов – это сложный комплексный показатель, зависящий от многих факторов, связанных как с характеристиками самого порошка (такими, как форма и размер частиц, гранулометрический состав порошка, плотность, характер поверхности, электризуемость и др.), так и с условиями, в которых происходит высыпание (характеристики контактной поверхности, по которой происходит скопление материала, форма и размер отверстия, через которое высыпается порошок, наклон падения и др.).

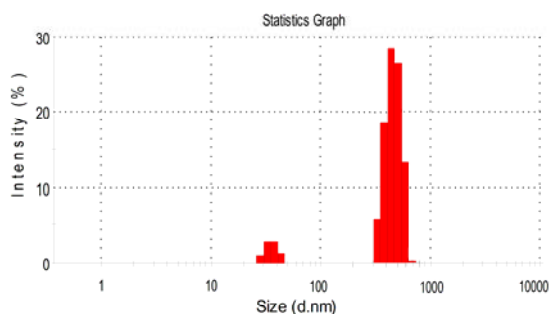


Рис. 2 – Дифференциальная кривая распределения по размерам частиц (по оптическим данным)

Существует ряд способов оценки сыпучести – по насыпной плотности материала, углу обрушения, углу внутреннего трения, углу ссыпания, образованию устойчивого свода над отверстием, распыляемости материала и т.д. для корректного суждения о сыпучести желательно применение совокупности нескольких измерительных методик. В лабораторной практике наиболее распространено определение сыпучести порошков по углу естественного откоса и по скорости высыпания порошка через отверстие воронки определенного сечения. Эти методы и были использованы в данной работе.

Измерения показали, что исследуемый образец талька обладает низкой сыпучестью – навеска порошка не высыпалась из стальной воронки с диаметром выпускного отверстия 18 мм, угол естественного откоса составлял 36,5°. С целью повышения сыпучести талька проводилась гидрофобизация поверхности порошка водорастворимым раствором метилсиликоната калия. Этот гидрофобизатор используется для широкого ряда поверхностей, в том числе для обработки текстильных, кожаных и бумажных изделий и материалов [11]. Предварительные исследования [10] показали, что в присутствии гидрофобизатора осаждение водной дисперсии талька может как ускоряться, так и замедляться вследствие флотации. Эксперименты показали, что добавление метилсиликоната калия в растворы оказывает лишь незначительное влияние на величину поверхностного натяжения. Следует отметить, что гидрофобизирующее действие

метилсиликоната калия проявляется после высыхания раствора. Примерно через сутки на поверхности образуется нерастворимый водостойкий слой в результате реакции с диоксидом углерода воздуха.

Адсорбция метилсиликоната на поверхности талька сопровождается снижением величины электрокинетического потенциала частиц от минус 25,4 мВ у чистого талька до минус 44,2 мВ в 0,3% растворе. Можно с уверенностью предположить, что адсорбция анионов метилсиликоната происходит в первую очередь на краевых, положительно заряженных, участках частиц. Следствием почти двукратного роста отрицательного значения ζ -потенциала частиц является их взаимное отталкивание, что должно приводить к снижению аутогезии и росту сыпучести порошка.

Как и ожидалось, обработка порошка в растворе гидрофобизатора позволила повысить его сыпучесть. На рис 3 приведены данные по зависимости угла естественного откоса порошка от концентрации гидрофобизирующего агента. Кривая 1 относится к метилсиликонату калия, кривые 2 и 3 – порошок, обработанный составами софэксил-1520 марок А и Б соответственно. Жидкости, поставляемые под торговой маркой софэксил-1520 используются главным образом в качестве пеногасителей, но это не единственная возможность их применения. Их выбор в данной работе обусловлен прежде всего безопасностью для здоровья человека: составы софэксил-1520 разрешены к использованию в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности. Как видно по рис. 3, уже небольшие концентрации гидрофобизирующих агентов позволяют улучшить сыпучесть талька.

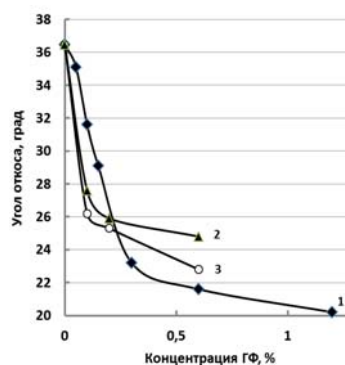


Рис. 3 – Угол естественного откоса порошка талька после гидрофобизации. Гидрофобизатор: метилсиликонат калия (1); софэксил-1520 А (2); софэксил-1520 Б (3)

Данные по скорости истечения гидрофобизированных порошков из металлической воронки приведены в табл. 2. Тальк, обработанный метилсиликонатом калия, начинает высыпаться из воронки с отверстием 18 мм только при достаточно высоких концентрациях гидрофобизатора (начиная с 0,6%). При более низких концентрациях порошок не сыплется даже после побудительных ударов,

образуя над отверстием воронки устойчивый свод. Данные по сыпучести коррелируют с результатами определения электрокинетического потенциала. Заметное повышение сыпучести наблюдается при тех концентрациях гидрофобизатора, которым соответствует существенное понижение заряда поверхности частиц. Необходимо отметить, что в повторных опытах высыпания талька из воронки не наблюдалось, что, по всей видимости, следует связать с электризацией порошка при высыпании.

Таблица 2 - Сыпучесть гидрофобизированного порошка талька

Концентрация гидрофобизатора, %	Время высыпания, с
0	-
0,05	-
0,1	-
0,15	-
0,3	-
0,6	12,9
1,2	6,9

Выводы

Проанализированы факторы, влияющие на результаты определения размера частиц порошка талька. Исследовано влияние гидрофобизации поверхности частиц талька ТМО на сыпучесть порошка. Показано, что гидрофобизация поверхности частиц позволяет повысить сыпучесть порошка. Оценено влияние природы и концентрации гидрофобизатора на угол

естественного откоса и скорость высыпания навески порошка из стальной воронки. Определено поверхностное натяжение растворов гидрофобизаторов, измерен ζ -потенциал частиц и показана связь этих величин с аутогезией частиц и сыпучестью порошка.

Литература

1. И.Ф. Романович, Я.Х. Саетгадеев, Э.Х. Рахматуллин, *Минеральное сырье. Справочник*. ЗАО Геоинформмарк, Москва, 1998, 37 с.
2. ООО «ИНФОМАЙН» *Обзор рынка талька в СНГ*: URL: <http://www.infomine.ru/research/9/74> (2014).
3. А.Ю. Кривова, В.Х. Паронян. *Технология производства парфюмерно-косметических продуктов*. ДеЛи принт, Москва, 2009, 668 с.
4. И.М. Разумов. *Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов*, Химия, Москва, 1972, 240 с.
5. Г.А. Рогинский. *Дозирование сыпучих материалов*. Химия, Москва, 1978, 176 с.
6. А.А. Пашенко и др. *Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах Украинской ССР*, Киев, Химическая промышленность, 1968.
7. В.П. Георгиевский, Ф.А. Конев *Технология и стандартизация лекарственных средств*, ООО «Ригер», Харьков, 1996, 784 с.
8. Пат. РФ № 2118303 (1998).
9. E.B. Faulkner, W.J. Zavadski, *Cosmetics and Toiletries*, 109, 69–72 (1994).
10. Г.В. Булидорова, А.Л. Афанасьева *Вестник Казанского технологического университета*, 17, 8, 18–22 (2014).
11. Р.А. Гарифуллина, Г.В. Булидорова *Вестник Казанского технологического университета*, 5, 91–93, (2013).