МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ И МАТЕМАТИКИ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

**ОТЧЕТ**

по дипломной работе

Студента Ибраева Д.Ф.

группы 63604/1

Руководитель практики

Salikov Vitaliy

Гамбург 2013

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**Гранулирование**

­ Гранулированиeм (зернением) называют процесс искусственного превращения материала в гранулят, т. е. в более или менее однородные по размеру зерна ­ - гранулы. Гранулы могут иметь сферическую или любую другую форму ­ прав ильную либо неправильную (комочки). К гранулятам не относят материалы, состоящие из правильно ограненных кристаллов, получаемых кристаллизацией из растворов, и продукты естественного происхождения (например, гравий). Гранулятами считают материалы с размером зерен, превы­шающим 0,5 мм; материалы с более мелкими зернами называют порошками.

Гранулированные продукты во многих случаях имеют преимущества перед порошкообразными. Например, водорастворимые ми­неральные удобрения в гранулированном виде обладают лучшими физическими свойствами, ­ они хорошо сохраняют сыпучесть с течением времени, не пылят, легко рассеваются с помощью туковых сеялок, с большей эффективностью используются растениями, так как медленнее вымываются почвенными водами и в меньшей мере деградируют в почве вследствие меньшей поверхности контакта с ее компонентами. гранулированные удобрения выпускают с размерами гранул 1-­6 мм, чаще 2­-4 мм. (Нерастворимые в воде удобрения лучше используются растениями при применении в форме тонких порошков, а не гранул).

Предпочтительной формой гранул является сферическая; в этом случае зерна прочнее и меньше истираются при пересыпании. Гpaнулы должны иметь достаточную механическую прочность во избежание разрушения или деформирования под тяжестью верхних слоев при хранении больших масс материала. Абсолютное значение прочности гранулы зависит от способа ее определения.

Грануляты получают из мелкокристаллических порошков, из растворов и суспензий и из жидких плавов. Выбор метода гранулирования порошков зависит от их физико-химических свойств. При малой адгезии, т. е. при слабом сцеплении твердых частиц, материал сначала брикетируют прессованием, а затем дробят до требуемого размера кусочков. Порошки, обладающие значительной адгезией в присутствии жидкой фазы, формируют в гранулы путем структурирования разными методами и затем упрочняют их высушиванием. Растворы и суспензии высушивают на поверхности гранул, получаемых из обрабатываемого материала.

**Образование гранул**

Процесс гранулирования порошков обычно состоит из двух стадий: 1) формирование гранул путем структурирования увлажненого порошкообразного материала, т. е. превращение eгo в укрупненные комочки и 2) высушивание их для придания прочности. Иногда обе стадии совмещаются в одном аппарате.

При перемешивании порошка во вращающемся, встряхивающем или другом устройстве сначала вследствие беспорядочного слипания частиц возникают мелкие комочки неправильной формы. Постепенно они увеличиваются, при их трении друг о друга выступы сглажи­ваются, а впадины заполняются. В результате при обкатывании комочки могут приобрести сферическую форму, близкую к шарообраз­ной. Размеры образующихся гранул зависят от продолжительности скорости перемешивания, которые устанавливаются выбором гeoметрических параметров перемешивающего устройства (например, длины, диаметра, угла наклона оси, частоты вращения барабанного или шнекого гранулятора), а также от степени заполнения гранулируемым материалом, eгo пластичности. Чем более влажен материал, тем крупнее гранулы.

Гранулируемый материал должен обладать пластичностью, т. е. способностью изменять свою форму под воздействием внешних сил и сохранять ее после прекращения их действия. Такой материал способен агломерироваться, формироваться в достаточно прочные комочки, которые могут под нагрузкой подвергаться пластической деформации, не рассыпаясь в исходные зерна. Укрепнение зерен может происходить по разным причинам и достигается разными спо­собами.

В очень тонком пылевидном материале заметно проявляются ван­дер­ваальсовы силы сцепления частиц. Частицы мельче 1 мкм под действием этих сил агломерируются, т. е. при встряхивании или перемещении материала, например при окатывании eгo во вращаю­ щемся барабане, сцепляются друг с другом, образуя мелкие шарики, комочки. Этому способствует и электростатический заряд частиц, который они могут приобрести вследствие трения при измельчении и перемещении. Этот заряд влияет только на процес­ агломерирования, но не увеличивает прочности уже сформировавшегося комочка, так как быстро уравновешивается. В процессах гранулирования мине­ральных удобрений молекулярные силы притяжения и электрический заряд действуют как дополнительные факторы при агломерировании порошкообразного материала и не имеют самостоятельного значения, так как размеры частиц обычно превышают 1 мкм, а расстояния между ними сравнительно велики (средние расстояния между части­цами в гранулах составляют 10­-1­-10­-3 мкм). Основной причиной и средством как агломерирования частиц порошка в комочки в процессе eгo гранулирования, так и сохранения гранулами механической прочности является образование между частицами жидких или твердых перемычек - мостиков. Материалом для таких перемычек может служить и само гранулируемое вещество, и вносимые в нeгo добавки.

Присутствие в порошкообразном материале некотopoгo количе­ства жидкой фазы ­ гигроскопической влаги, межкристального маточного раствора или специально добавленных жидкостей, нa­пример воды, солевых растворов, вязких связующих веществ, ­ обеспечивает пластичность материала и агломерирование частиц при гранулировании. При малом количестве жидкости она образует отдельные мостики ­ перемычки между твердыми частииами в местах их контакта; при большей влажности жидкость может полностью заполнить поры. В обоих этих случаях действуют капиллярные силы сцепления, обеспечивающие образование и прочность гранул. Они определяются поверхностным натя­жением и капиллярными давлением, возникающим в жидких пере­мычках. Если жидкость полностью обволакивает гранулу, она охраняется под влиянием поверхностного натяжения и представ­ляет собой как бы каплю жидкости, плотно заполненную твердыми частицами. В этом случае гранулят получается чрез­мерно липким, комкующимся.



Прочность образовавшейся гранулы обеспечивается силами адгезии и когезии. Жидкость может иметь значительную подвижность, но эти силы препятствуют разрушению гранулы ­ жидкие мостики лишь перемещаются при деформации гранул, но не разрываются. Влияние этих сил особенно возрастает, когда связующая жидкость обладает большой вязкостью.

Образование твердых перемычек (фазовых контактов) между частицами гранулируемого материала происходит чаще вceгo в pe­зультате кристаллизации вещества из жидкой фазы гранул при их высушивании или вслед­твие химических реакций между порошко­образным материалом и внесенной в нeгo добавкой. Другими при­чинами могут быть: спекание, полиморфные превращения при изменении температуры, высыхание клеящих добавок и др. Все это при­дает гранулам необходимую прочность.

Прочность гранулы тем больше, чем мельче частицы гранулируемого порошка. По­-видимому, для любых средств сцепления ча­стиц прочность гранул обратно пропорциональна квадрату их ли­нейного размера.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**Введение**

В процессе агломерирования порошкообразного вещества в гранулирующем устройстве частицы испытывают сложное взаимодействие между собой и со стенками аппарата. Важную роль в формировании и образовании гранул играет контакт частиц порошка в присутствии жидкой фазы. Была поставлена задача исследовать процесс прямого удара частицы о смоченную твердую поверхность.

Для этого были проведены эксперименты с целью определения коэффициента восстановления e частиц при соударении. **Коэффициент восстановления** в теории удара, величина, зависящая от упругих свойств соударяющихся тел и определяющая, какая доля начальной относительной скорости этих тел восстанавливается к концу удара **Коэффициент восстановления** характеризует потери механической энергии соударяющихся тел вследствие появления в них остаточных деформаций и их нагревания. К**оэффициент восстановления выражается как:**



**где** **- скорость тела до удара,**  **– скорость тела после удара.**

**Описание эксперимента**

Для эксперимента была использована установка, представленная на рисунке 1. Экспериментальная установка состоит из следующих элементов:

* Стеклянная пластинка с жидкостью
* Две высокоскоростные камеры с режимом съемки 8000 кадров в секунду
* Конфокальный сенсор для вычисления толщины слоя жидкости
* Вакуумный пинцет
* Три осветительные лампы с интенсивностью 222,000 FC

 

Рис. 1. Схематичная экспериментальная установка

В ходе эксперимента варьировалась высота падения частицы в зависимости от положения вакуумного пинцета. Так же были рассмотрены разные значения толщины слоя жидкости.

Толщина слоя жидкости оказывает влияние на значение коэффициента восстановления, поэтому чтобы не учитывать влияние этого параметра, необходимо поддерживать толщину слоя жидкости постоянной. Перед каждым ударом частицы толщина слоя жидкости вычислялась с помощью высокоточного конфокального сенсора.

Две высокоскоростные камеры располагались следующим образом: одна была установлена перпендикулярно к направлению движения падающих частиц (плоскость XY), другая – в плоскости XZ. Таким образом, мы получаем трехмерную траекторию движения частиц.

В качестве жидкости была использована вода (*ρ* = 0,9982 г/см³), площадь смоченной поверхности 360 мм2. Эксперименты проводились для следующих значений толщины слоя жидкости: 0,1 мм, 0,2 мм. В качестве частицы были использованы стеклянные шарики с диаметром 1 мм.

Обработка результатов эксперимента производилась в программной среде Matlab. Данная программа позволяет определить траекторию частицы. С ее помощью можно вычислить скорости центра массы частицы до и после удара и, соответственно, получить коэффициент восстановления.

Рис. 2. Зависимость коэффициента восстановления от скорости падения частицы для разных значений толщины слоя жидкости

На рисунке 2 представлен график зависимости коэффициента восстановления от скорости падения частицы для толщины слоя жидкости 100 мкм и 200 мкм. Каждой точке этого графика соответствуют средние значения, полученные из 60-80 «хороших» экспериментов. «Плохие» эксперименты, при которых угол отскока частицы составлял более 5 градусов, не использовались в исследовании. На графике так же присутствует стандартное отклонение в виде вертикальных палочек. Стандартное отклонение, показывающее насколько широко разбросаны точки данных относительно их среднего, вычислена по следующей формуле:



Две кривые, изображенные на рисунке 2, были получены в эксперименте при съемки с одной камеры.

В дальнейшем планируется закончить эксперименты с двумя камерами и провести сравнение с существующими результатами. Провести численное моделирование и теоретическую оценку.