

Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: ErmolaevaVA2013@mail.ru*

### **Основные закономерности процессов гранулирования**

В работе рассмотрены общие закономерности процессов гранулирования, обусловленные взаимодействием частиц в местах их контакта, классификация методов гранулирования, даны теоретические представления о физической сущности этих явлений, отмечены особенности методов гранулирования при использовании различных аппаратов. Теоретические разработки использованы при расчете режимов работы и основных размеров барабанного гранулятора-сушилки.

Гранулирование - направленное укрупнение частиц, процесс превращения порошкообразного материала в зерна определенной величины. Гранулирование предотвращает расслаивание смесей сыпучих материалов, способствует улучшению сыпучести массы, которое происходит в результате значительного уменьшения суммарной поверхности частиц в гранулах и, следовательно, уменьшения трения, возникающего между частицами при движении.

Различают несколько типов грануляционных процессов:

1. Гранулирование окатыванием состоит из следующих стадий: смешение исходного порошка с частицами ретур и связующим; образование гранул из мелких частиц; окатывание и уплотнение гранул; стабилизация структуры гранулы. На всех стадиях происходит процесс формирования гранул, интенсивность зависит от технологии, аппарата и свойств продукта.

На стадии окатывания происходит уплотнение частиц, что достигается при ударах об относительно неподвижный слой материала или стенку гранулятора. В этот момент большая часть кинетической энергии, которую приобрел агрегат при скатывании вниз, расходуется на перемещение частиц и уплотнение гранулы. Величина кинетической энергии определяется скоростью скатывания и массой гранулы. Поэтому если масса агрегата меньше критической величины, то накопленной энергии не хватит для совершения работы уплотнения, и агрегат не станет гранулой. С увеличением диаметра зародыша и соотношения зародыши – порошок время, необходимое для достижения определенной плотности гранул, уменьшается. Агрегаты в результате многократных осыпаний и ударов уплотняются, избыточная влага выдавливается на поверхность гранулы, в результате происходит дальнейшее присоединение к ней сухих частиц.

Аппараты для гранулирования методом окатывания по типу движения рабочей поверхности делятся на ротационные (барабанные, тарельчатые, центробежные, лопастные) и вибрационные. Барабанные грануляторы высокопроизводительны, обеспечивают высокий выход целевой фракции, возможность проведения химической реакции одновременно с гранулированием. Скоростные грануляторы позволяют интенсифицировать процесс и улучшать качество продукта.

2. Гранулирование распыливанием жидкости на поверхность частиц. Процесс кристаллизации вещества одновременно с формированием гранул. Реализуется в аппаратах с псевдооживленным слоем и с падающим слоем при его орошении диспергированной жидкостью и интенсивном перемешивании. Одновременно с образованием новых гранул во взвешенном слое происходит рост существующих гранул при отложении на поверхности частиц вещества, выделяемого из жидкости, или при срастании их между собой. Агрегирование возможно при достаточно больших силах сцепления между частицами в момент их столкновения. Источником таких сил является жидкая фаза.

Грануляторы с псевдооживленным слоем - аппараты различных конструкций, цилиндрические, конические, цилиндроконические, прямоугольные, квадратные, что определяет их гидродинамические особенности.

3. Гранулирование диспергированием расплавов во встречном потоке воздуха заключается в распаде истекающих струй на капли, которые, охлаждаясь во встречном потоке воздуха,

превращаются в гранулы. При падении гранула отдает тепло потоку охлаждающего воздуха. При этом охлаждение и кристаллизация сплава начинаются с поверхности, а при достижении температуры кристаллизации происходит образование твердой оболочки, толщина которой по мере движения гранулы увеличивается. Фронт кристаллизации продвигается в центр гранулы по радиусу с соответствующим выделением тепла кристаллизации.

4. Гранулирование прессованием состоит из следующих основных стадий: получение порошкообразных продуктов, смешение порошков, прессование, дробление и рассев продукта. Определяющая стадия - операция непрерывного прессования, характеризующаяся уплотнением порошка от начальной насыпной плотности до конечной.

Общая технологическая схема включает следующие операции: грануляцию, сушку, охлаждение, рассев готового продукта и дробление крупных фракций на дробилках и мельницах.

Произведен расчет расхода влаги, удаляемой в процессе сушки по следующим исходным данным: производительность по сухому материалу 25,8 т/ч, начальная влажность 5,5 %, конечная влажность 1,3 %. Производительность установки по влажному материалу составляет 7,67 кг/с. В качестве топлива используется природный сухой газ следующего состава (%):  $\text{CH}_4$  – 92;  $\text{C}_2\text{H}_6$  – 0,5;  $\text{H}_2$  – 5;  $\text{CO}$  – 1;  $\text{N}_2$  – 1,5. Теоретическое количество сухого воздуха, затрачиваемого на сжигание 1 кг топлива 18,35 кг/кг. Масса сухого воздуха, подаваемого в сушильный барабан, в расчете на 1 кг сжигаемого топлива определяется общим коэффициентом избытка воздуха, необходимого для сжигания топлива и разбавления топочных газов до температуры смеси 320°C. Коэффициент избытка воздуха 5,31. Удельный расход теплоты на нагрев материала составляет 689,7 кДж/кг влаги.

Расход топлива, сжигаемого в топке составляет 0,89 кг/с. Средняя разность температур газа в сушилке: 32°C. Определили основные параметры аппарата: диаметр – 4,2 м, длина – 15,8 м, число оборотов 3 об/мин. Рассчитан расход влаги, удаляемой в процессе сушки, 0,37 кг/с, определено время прохождения частиц по барабану 3,27 и 10,6 минут.

В ходе работы были изучены методы гранулирования, с использованием барабанных грануляторов, дана классификация барабанных грануляторов – сушилок, рассмотрено назначение данных конструкций, охарактеризован процесс гранулирования. В результате расчетов было найдено значение расхода влаги, удаляемой в процессе сушки. Определен тепловой баланс барабанного гранулятора – сушилки. Вычислены основные технические и конструктивные параметры аппарата.

#### Литература

1. Ермолаева В.А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов, **Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований**, № 5, 2018, стр. 28-33.

2. Ермолаева В.А., Поликарпова Д.М. Анализ технологического процесса производства азотной кислоты, **Международный журнал гуманитарных и естественных наук**, № 5, т. 2, 2018. с. 73-76