

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА АГЛОМЕРИРОВАНИЕ ЧАСТИЦ

Парфенюк А.С., Карпенко Е.И., *Antonyuk S., *Salikov V.,
*Heinrich S.

Донецкий национальный технический университет,
*Технический университет Гамбург-Харбург (ТУНН)

В данной статье излагаются краткие теоретические сведения об агломерации частиц, приводится обобщенное описание экспериментальных исследований. Опытный материал представляет собой порошок коричневого цвета с размерами частиц в диапазоне от 140 до 290 мкм

Большинство продукции в наше время изготавливается в виде агломератов и гранул. К преимуществам таких материалов можно отнести: низкое пыление, удобство транспортирования, отсутствие расслоения смесей, высокие удельная поверхность и пористость, определенная скорость витания частиц. Таким способом получают множество современных продуктов питания, лекарственных средств. В промышленности агломерацией получают большинство удобрений и обрабатывают руду, получая окатыши.

Агломерация порошков проходит следующие стадии:

- орошение;
- увлажнение, образование жидкостных мостиков;
- затвердевание, образование твердых мостиков;
- агломерация, «структура ежевики». [1]

Получение агломератов невозможно без осуществления адгезионных процессов.

В данном экспериментальном случае, адгезия – явление, когда два твердых тела, находящиеся в тесном контакте друг с другом, прилипают друг к другу под действием межмолекулярных сил притяжения так прочно, что для их разделения нужно произвести некоторую работу.

Адгезия двух твердых тел в газообразной среде при наличии связующего проявляется следующим образом:

- плавление материала, образование окалина (рис. 1а);
- образование кристаллизационных мостиков между твердыми частицами (рис. 1б);
- адсорбционный слой жидкости на поверхности тел (рис. 1в);
- гибкий жидкостный мостик (капиллярные силы) между телами (рис. 1г).

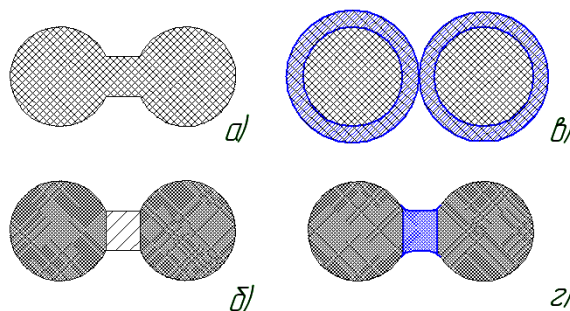


Рисунок 1 – Результат адгезии в газообразной среде [1]

В исследовании была поставлена задача получить прочные агломераты с максимальным выходом полезной фракции, установить зависимости прочности агломератов от изменяющихся факторов. Для этого были проведены эксперименты с целью определения оптимальных параметров процесса. На первом этапе был изучен гранулометрический состав исследуемого порошка, его физико-механические свойства (рис. 2). На основе этих данных подбирались экспериментальные параметры установки: расход воздуха, температура кипящего слоя, вязкость раствора полимера, скорость подачи раствора, время гранулирования, количество подаваемого материала – для аппарата фонтанирующего кипящего слоя. Были проведены опыты с различными полимерами для определения наиболее оптимального. Полученные образцы также подвергались закаливанию при 1000 °С. На завершающей стадии исследований были проведены испытания для определения механической прочности агломератов.

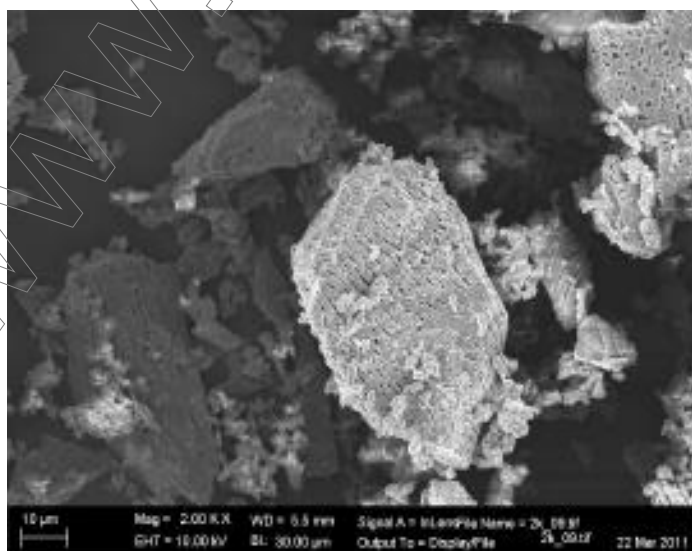


Рисунок 2 – Изображение материала, полученное с помощью электронного микроскопа (увеличение в 2000 раз)

Работа проводилась на лабораторных установках института твердых частиц (Solid Process Engineering) технического университета Гамбург-Харбург (ТУНН).

Агломерация материала осуществлялась на экспериментальной установке, основой которой является аппарат кипящего фонтанирующего слоя (рис. 3). Аппарат состоит из цилиндрической камеры 1, соединенной конической частью с призматической флюидизационной камерой 2, в которую подается воздух через две плоские щели. Скорость движения воздуха зависит от высоты щелей, которая регулируется вентилями. Подача воздуха обеспечивается компрессором 3, с помощью нагревающего устройства 4 воздух может быть нагрет до 100 °С. Раствор из емкости 5 подается с помощью перистальтического насоса 6 и вырывается в флюидизационную камеру с помощью одноструйной пневматической форсунки 7. Фильтр 8, расположенный перед компрессором, отфильтровывает мелкие частички, которые уносятся потоком воздуха.

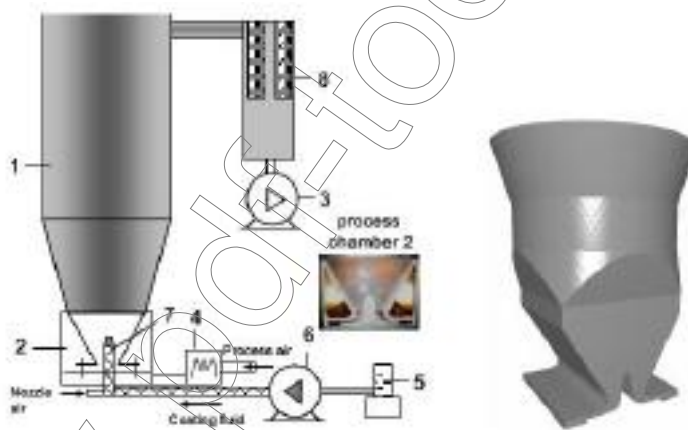


Рисунок 3 - Экспериментальный аппарат кипящего фонтанирующего слоя (слева), его флюидизационная камера (в центре и справа)

Поверхность данного материала гидрофильна, то есть он обладает лежащими раздельно центрами тяжести зарядов и, следовательно, полярностью. Гидрофильность поверхности также имеет значение в том случае, что она может смачиваться полярными жидкостями (например, водой). Пары воды взаимодействуют с поверхностями материала, и образовавшиеся гидроксилы свободно вступают в реакции и адсорбционные процессы. Следовательно, для эффективной агломерации частиц необходим водный раствор полимера.

В качестве полимера для приготовления раствора был выбран полимер, удовлетворяющий некоторым условиям: он обладает хорошими адгезивными свойствами; он не имеет запаха, не токсичен; благодаря полярным ОН – группам он хорошо растворяется в воде и создает тонкую

пленку вокруг гидрофильных частиц; при сушке под воздействием высоких температур, полимер распадается и улетучивается, но соединенные им частицы материала сохраняют увеличенную площадь контакта.

Для проведения экспериментов был приготовлен раствор наночастиц данного материала, состоящий из 400 мл неионизированной воды и 40 г материала.

Размеры материала и наночастиц в растворе приведены на рис.4.

Основные эксперименты представлены в таблице 1.

Раствор полимера состоит из 20 г полимера, 90 мл воды.

Таблица 1 – Состав образцов, полученных на установке кипящего фонтанирующего слоя

Образец	Компоненты	Результаты
F1	Раствор полимера: 50 мл H ₂ O: 200 мл Материал: 200г	Была отделена фракция $0,8 < d < 1,2$. Образец подвергался сушке при 1000 °С в течение 4 часов.
F2	Раствор полимера: 50 мл Раствор наночастиц: 200 мл Материал: 200г	Была отделена фракция $0,8 < d < 1,2$. Образец подвергался сушке при 1000 °С в течение 4 часов.
F3	Раствор полимера: 50 мл Раствор наночастиц: 200 мл Материал: 200г	Была отделена фракция $0,8 < d < 1,2$.
F5	Полимер: 25 г H ₂ O: 275 г Материал: 200г	Была отделена фракция $0,8 < d < 1,2$. В данном образце содержание полимера было увеличено.

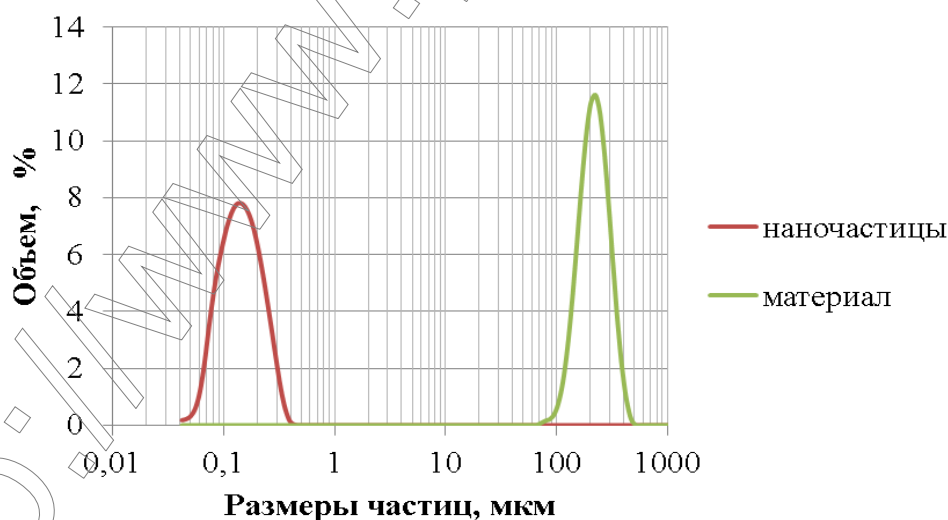
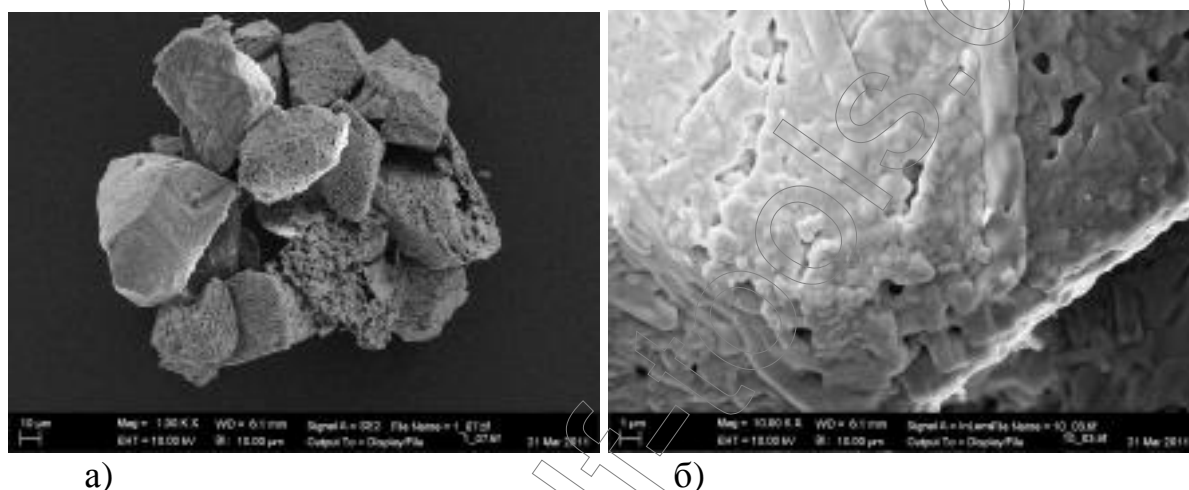


Рисунок 4 - График, показывающий гранулометрический состав материала и наночастиц данного материала

Как видно из данного графика, максимальное количество наночастиц имеют размеры от 130 до 150 нм, а размеры максимального количества частиц материала находится в диапазоне от 180 до 220 мкм.

Фото образцов, полученных при помощи электронного микроскопа, также представлены. Образец F1 после сушки при 1000 °С изображен при увеличении в 1000 раз (рис. 5 а), и при увеличении в 10 000 раз (рис. 5 б). На рисунке 5 а показан целый агломерат, состоящий из некоторого количества частиц материала, а на рисунке 5 б показана одна из граней частицы материала, четко видно его изрытую поверхность.

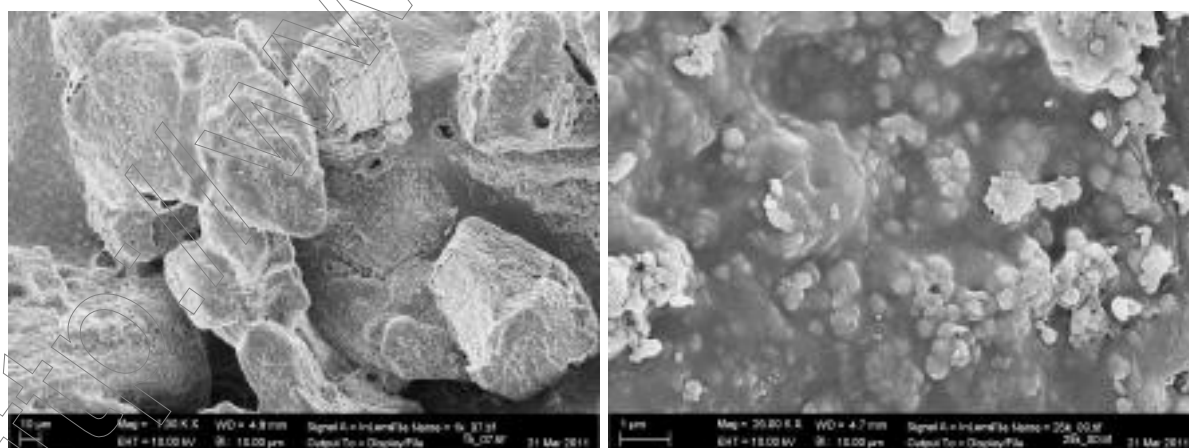


а)

б)

Рисунок 5 – Образец F1

Образец F2 после сушки при комнатной температуре изображен при увеличении в 1000 раз (рис. 6 а), и при увеличении в 25 000 раз (рис. 6 б). Как видно из обеих частей рисунка, поверхность частицы материала покрыта полимером, а на рисунке 6 б также четко видны наночастицы, покрывающие его поверхность.



а)

б)

Рисунок 1.6 – Образец F2

Образец F2 после сушки при 1000 °C изображен при увеличении в 1000 раз (рис. 7 а), и при увеличении в 10 000 раз (рис. 7 б). На рисунке 7 а показана часть агломерата, а на рисунке 7 б показан стык граней частиц материала, покрытый наночастицами. Вследствие воздействия высоких температур на агломераты, полимер отсутствует, поэтому наночастицы видны очень четко, в отличие от рис. 6 б, где видны лишь их проглядывающиеся контуры.

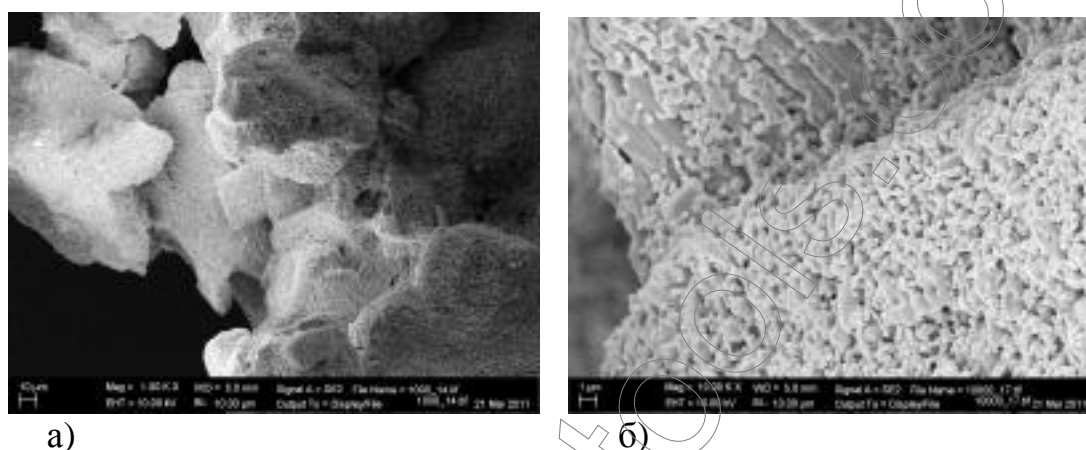


Рисунок 7 – Образец F2

Полученные образцы испытывались на сжатие при помощи структурного анализатора (Texture analyser, produced by Stable Micro Systems). Полученные результаты отображены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты испытания образцов на прочность

	F1	F1 после 1000 °C	F2	F2 после 1000 °C	F3	F5
Сила, N						
Среднее значение	2,442	0,278	1,115	0,359	1,044	2,394
Стандартное отклонение	1,724	0,366	1,153	0,196	0,678	1,206
Энергия разрушения, N mm						
Среднее значение	0,295	0,006	0,068	0,012	0,077	0,206
Стандартное отклонение	0,266	0,005	0,105	0,011	0,072	0,138

На основании данной таблицы построен график средних величин разрушающей силы для всех образцов (рис. 8). Из данных графика можно

сделать вывод о том, что наиболее прочными оказались образцы F1 и F5. Эти данные опровергли ожидаемые результаты, ведь предполагалось, что наличие наночастиц в агломератах повысит прочность последних. Следовательно, в некоторых случаях при агломерировании материалов добавление наночастиц является не только не эффективным, но отрицательно воздействующим фактором. Несмотря на значительное увеличение количества полимера в образце F5 по сравнению с образцом F1, это не повлияло на прочность агломератов, в образце F1 была достигнута максимальная эффективная концентрация полимера в растворе – 3,9 %. После сушки образцов при 1000 °С прочностные различия между ними не обнаруживаются.

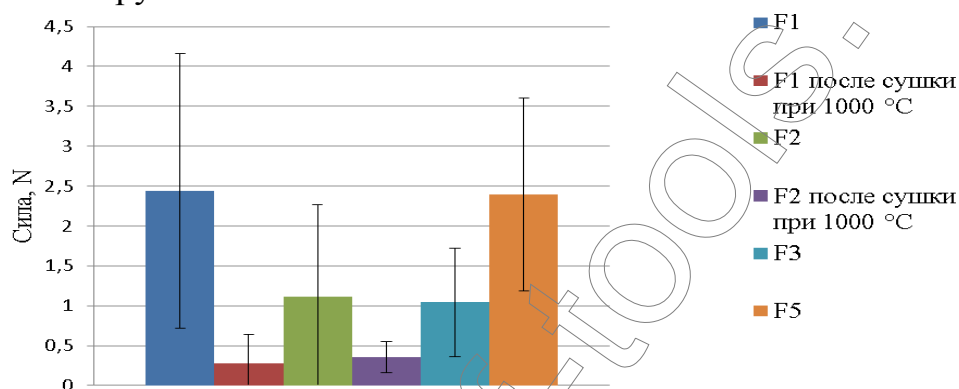


Рисунок 8 – Средняя величина разрушающей силы для полученных образцов

Список литературы:

1. S. Heinrich, Lecture Particle Technology.
2. U. Diebold, Surface Science Reports 48 (2003) 59-62, 66,67.

УДК 628.4.043-036.5

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПЕРВИЧНОГО ГАЗОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

Топоров А.А., Алексеенко Е.А., Костерова В.Ю.

Донецкий национальный технический университет

Для охлаждения прямого коксового газа после газосборников и для облегчения последующих технологических процессов применяют первичные газовые холодильники (ПГХ). Они бывают различных конструкций: непосредственного действия, трубчатые с вертикальным и горизонтальным расположением труб [1].