

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАЛЫХ ДОБАВОК ГИДРОФИЛЬНЫХ
КОЛЛОИДОВ НА ПРОЦЕСС ГРАНУЛИРОВАНИЯ ГРУБОДИСПЕРС-
НЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.М.Витюгин, И.Н.Ланцман

(Представлена научным семинаром кафедры ОХТ)

В настоящее время в мировой и отечественной практике освоен и весьма прогрессивно развивается способ подготовки офлюсованного металлургического сырья, который в зарубежной практике получил название пелетирование, а у нас – окомкование. Этот способ заключается в окатывании влажных смесей железорудных концентратов и флюсов крупностью менее 100 μ в механических барабанных или тарельчатых грануляторах в сферические гранулы размером 10–20 мм и последующими операциями сушки и обжига с получением весьма прочных капиллярно-пористых тел. Практикой установлено, что эффективное осуществление процесса гранулирования таких сравнительно грубодисперсных материалов в тарельчатых и барабанных окомкователях возможно лишь в присутствии небольших добавок (0,2 – 1,0%) гидрофильных коллоидов, таких, например, как бентонитовые глины. Однако механизм действия этих небольших по количеству, но имеющих решающее значение добавок в настоящее время изучен недостаточно, что, естественно, затрудняет оптимизацию технологического режима процесса.

В значительной мере эта недоработка обусловлена недостаточной ясностью механизма гранулообразования в таких сложных системах.

Подавляющее большинство отечественных и зарубежных исследователей, рассматривая основные факторы, определяющие процесс, ограничивались анализом структуры и механизма связи в сформированных сырых гранулах и игнорировали существенное значение динамики

самого процесса формирования гранулы. В то же время совершенно очевидно, что на протяжении этого процесса от исходной рыхлой массы, представляющей собой трехфазную систему со значительной долей газовой фазы, до компактного конечного состояния с преобладанием твердой и жидкой фаз, механизм связи непрерывно меняется. Именно на стадии формирования гранулы и проявляется наиболее четко влияние небольших добавок гидрофильных коллоидов. Действительно, упоминавшийся ранее факт эффективного гранулирования грубодисперсных материалов только в присутствии небольших количеств этих добавок подтверждает это положение. В самом деле, прочность готовых гранул при введении добавок изменяется незначительно, а эффективность процесса в целом определяется, главным образом наличием этих добавок.

Как правило, основной компонент гранулируемой шихты — магнетитовый концентрат — представляет собой влажный сравнительно грубодисперсный материал, практически лишенный в процессе мокрого обогащения коллоидной фракции (крупность 0,1 — 0, содержание иловой фракции от 1 до 3%). Кроме магнетита в концентрате присутствуют породные минералы типа пироксенов, амфиболов, граната, кальцита, сульфидов и другие. Вторичные шихтовые компоненты смеси флюсы и гидрофильные коллоиды обычно представлены измельченным до 100 μ известняком или доломитом в количестве 5–15% и бентонитовыми глинами (0,5–1,5%). Таким образом, в начальном состоянии комкуемая смесь представляет собой рыхлую полиминеральную, полидисперсную, гетерофильную полиагрегатную трехфазную систему с примерным объемным соотношением Т:Ж:Г = 40:20:40. Содержание фракции менее 10 μ в основных компонентах, как правило, не превышает 1–3%. В бентонитовых глинах коллоидная фракция составляет 80–90%. Последующее превращение этой системы вплоть до формирования влажных гранул в значительной мере определяется спецификой процесса агрегирования в тарельчатых и барабанных окомкователях. Основная особенность заключается в том, что формирование гранулы, осуществляющееся в центробежно-гравитационном поле, происходит при большой степени свободы объемных деформаций, растущих уплотняющихся первичных агрегатов. Естественно, что при этом эффективность процесса гранулообразования будет обусловлена преобладанием пластических деформаций. В грубодисперсной комкуемой системе такие пластические деформации могут развиваться лишь при наличии в рабочем объеме тиксотропных коагуляционных структур. Образование таких структур и

происходит в поровом пространстве уплотняющихся агрегатов.

Смачивающая влага, сконцентрированная в начальный момент агрегации на поверхности частиц твердой фазы и в немногочисленных точках контакта их, по мере уплотнения системы под действием внешних сил выжимается в поровое пространство, увлекая за собой взвешенные частицы иловой фракции основных компонентов и бентонит. По мере уплотнения объемная концентрация твердой фазы поровой суспензии растет, приводя ее во все более структурированное состояние. Содержание газовой фазы в системе при этом сокращается до минимума, обусловленного явлениями механического защемления. В сформированных гранулах объемное соотношение фаз составляет в среднем $T:Ж:Г = 64:32:4$. Таким образом, в процессе гранулообразования объемное содержание твердой и жидкой фаз возрастает в полтора раза, а объем газовой фазы сокращается на порядок. Изменение соотношения фаз и перестройка структуры дисперсной системы в процессе гранулообразования существенно сказывается на свойствах и характере взаимодействия фаз.

Основная масса частиц твердой фазы, представляющая собой грубодисперсную фракцию, в процессе уплотнения системы формирует жесткий каркас. Одновременно первоначальная вода смачивания разделяется на конечной стадии процесса на воду, адсорбированную каркасными зернами, и воду поровой суспензии. Таким образом, в процессе гранулообразования система разделяется на две основные части. При этом поровая суспензия играет решающую роль в эффективности уплотнения, обеспечивая в той или иной мере пластические деформации. А поэтому количество и реологические свойства поровых суспензий, образующихся в комкуемом материале, определяют эффективность процесса гранулообразования в целом. Роль каркасной части сводится в основном лишь к обеспечению максимального уплотнения за счет рационального гранулометрического состава и достаточной адгезионной способностью к структурированной поровой суспензии.

Исходя из этой рабочей гипотезы гранулообразования грубодисперсных материалов с небольшими добавками коллоидов, проведено экспериментальное исследование некоторых коллоидно-физических явлений и структурно-механических свойств производственных дисперсий.

Известно, что одним из показателей коллоидно-химических свойств и агрегатного состояния дисперсных систем является электрокинетический потенциал, который определялся электроомостическим методом

с поправкой на поверхностную проводимость. Исследованиями установлено, что эффективность процесса гранулирования дисперсных материалов тем выше, чем меньше значения ζ - потенциала.

Сравнение значений ζ - потенциалов диафрагм, сформированных из совокупной дисперсной системы (каркас и поровая суспензия), показали, что введение в систему различных по качеству бентонитовых глин незначительно сказывается на величине ζ - потенциала системы. В то же время значения электрокинетического потенциала для различных бентонитов существенно различны. Так, например, введение азкамарского бентонита ($\zeta = -17,1$ мВ) и саригюхского ($\zeta = -13,7$ мВ) дает соответственно значения ζ - потенциалов смесей - 4,8 и 3,2 мВ.

Аналогично мало заметно влияние ионного состава дисперсионной среды (при смене дистиллированной воды на техническую) на величину электрокинетического потенциала для диафрагм концентрата с бентонитами, ζ - потенциал магнетита с добавкой азкамарского бентонита изменился с 4,8 мВ (для дистиллированной воды) до 4 мВ (для технической воды). Наоборот, это влияние ионного состава дисперсионной среды на электрокинетический потенциал для самих бентонитов весьма существенно (-17,1 и 10,2 мВ соответственно для дистиллированной и технической воды). Изменение ζ - потенциала магнетитового концентрата от концентрации вводимых катионов Са, Na и Al показано на рис. 1, из которого видно, что с повышением концентрации катионов в воде ζ - потенциал снижается, причем с увеличением валентности коагулирующее действие катиона увеличивается соответственно правилу Шульце-Гарди.

Интересно проследить изменение электрокинетического потенциала магнетитового концентрата при добавлении углекислого реагента (УЩР), представленного в основном натриевыми гуматами. Первоначальное повышение ζ - потенциала вызывается обменом двухвалентных катионов на ионы Na^+ . При увеличении концентрации УЩР (0,1-0,3%) происходит снижение ζ - потенциала вследствие адсорбции гуматов, приводящей к экранированию двойного электрического слоя.

Дальнейшее возрастание ζ - потенциала свидетельствует о построении слоя молекул гуматов с обратной ориентацией. Этот механизм связи действия УЩР подтверждают и изотермы сорбции. Данные по изменению прочности готовых влажных и сухих гранул свидетельствуют о максимальном значении прочности их при добавке

0,3% УЩР, что соответствует минимальному значению ζ - потенциала для этой системы.

Значение величины электрокинетического потенциала для различных систем хотя и дает возможность оценить относительный вклад поровой суспензии в механизме связи частиц в агрегатах, но не позволяет проследить влияние этой активной части системы на процесс формирования гранулы, т.е. определение ζ - потенциала привязано к стабильной во время опыта диафрагме. С этой позиции гораздо более продуктивно использование реологических показателей поровых суспензий, находящихся в зависимости от свойств и концентрации твердой фазы, изменяющейся в процессе формирования гранулы.

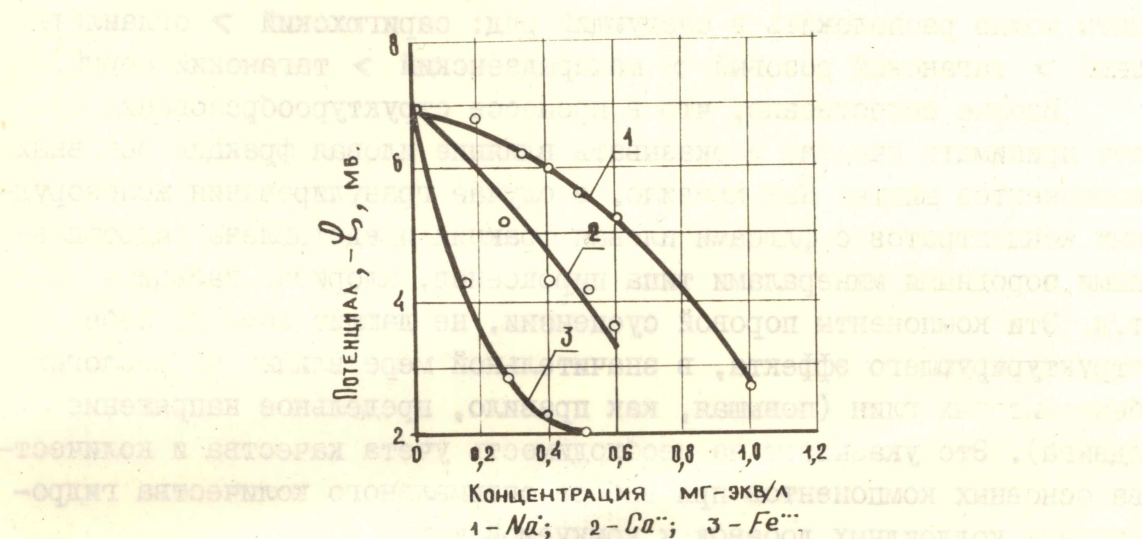


Рис. I. Влияние концентрации катионов на ζ - потенциал магнетита

Исследование зависимостей предельного напряжения сдвига и пластической вязкости от концентрации суспензий бентонитов и расчеты соответствующей пластичности показали, что последняя является экстремальной функцией. При этом величина и положение экстремума определяется качеством твердой фазы и ионным составом порового раствора. Полученные зависимости позволяют обосновать методику оценки эффективности малых добавок гидрофильных коллоидов, в частности бентонитов, в которых остро нуждается производство.

Сущность этой методики является следствием экстремальной зависимости Ψ - С. Положение максимума на кривых Ψ - С, очевидно, может служить качественно-количественной характеристикой бентонита, добавляемого к гранулируемому материалу.

Как показывает практика окомкования магнетитовых концентратов на Соволовско-Сарбайском обогатительном комбинате, оптимальное

количество бентонита в шихте соответствует максимуму пластичности поровой суспензии. Так, например, наилучшие результаты гранулирования концентрата с огланлинским бентонитом получаются при добавке последнего 0,7%. Концентрация поровой суспензии при этом составляет 22% и совпадает с концентрацией максимума пластичности поровой суспензии сырых гранул.

Для выбора типа бентонита и расхода его можно использовать показатель удельной максимальной пластичности, который представляет собой отношение максимальной пластичности водной суспензии бентонита к концентрации бентонита соответствующей максимуму пластичности. В соответствии со значениями этого показателя бентониты можно расположить в следующий ряд: саригухский > огланлинский > таганский розовый > махарадзенский > таганский серый.

Вполне естественно, что в процессе структурообразования будет принимать участие и оказывать влияние иловая фракция основных компонентов шихты. Как правило, в случае гранулирования железорудных концентратов с флюсами иловая фракция представлена гидрофильными породными минералами типа пироксенов, хлорита, кальцита и т.д. Эти компоненты поровой суспензии, не дающие сами по себе структурирующего эффекта, в значительной мере влияют на реологию бентонитовых глин (повышая, как правило, предельное напряжение сдвига). Это указывает на необходимость учета качества и количества основных компонентов при выборе оптимального количества гидрофильных коллоидных добавок к комкуемой шихте.

Экстремальная зависимость пластичности поровых суспензий от качества и количества твердой фазы поровой суспензии позволяет определять один из важнейших параметров процесса гранулирования — оптимальную влажность смеси перед грануляцией. Для этого, очевидно, нужна только корректировка на воду, адсорбированную поверхностью каркасных зерен. Оптимальную влагу окомкования (W_p^{opt}), исходя из этого, можно определять из следующего уравнения:

$$W_p^{opt} = W_{карк}^{мг} \cdot x + W_{п.с.}^{max} (100 - x)$$

$W_{карк}^{мг}$ — максимальная гигроскопичность каркасной части шихты;
 x — содержание каркасной части, %;
 $W_{п.с.}^{max}$ — влажность поровой суспензии, отвечающая максимуму пластичности.

Таким образом, исследования коллоидно-химических, структурно-механических свойств дисперсных материалов, используемых в

