

## ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ШЛАМА ПРИ ГРАНУЛЯЦИИ ФОСФОРИТОВ

г. Шымкент, Южно-Казахстанский государственный университет  
г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Получение фосфоритных гранул, которые являются сырьем для производства фосфора, сопровождается образованием огромного количества газопылевых выбросов. Пыль выделяется практически во всех стадиях процесса: при измельчении рудной мелочи, ее грохочении, грануляции и транспортировке. При существующей схеме организации работы газоочистного оборудования, работающего мокрым способом, не обеспечивается необходимая степень улавливания фосфоритной пыли [1].

В ходе своих исследований мы определили, что плохо улавливаются наиболее мелкие фракции пыли. Это, безусловно, связано с их поверхностными свойствами. Поэтому задачей наших исследований было повышение эффективности пылеулавливания путем изменения поверхностных свойств частиц, не усложняя при этом конструкцию пылеуловителей. Для этого в системе мокрого пылеулавливания использовали воду с добавкой поверхностно-активных веществ – акриловых полиэлектролитов К-9 и Унифлок. В зависимости от концентрации и поверхностных свойств адсорбента эти препараты сдвигают гидрофильно-гидрофобный баланс как в гидрофильную, так и в гидрофобную стороны настолько, что будет достаточно, чтобы вызвать коагуляцию частиц [2]. Поэтому достаточно широк спектр их применения.

Технические характеристики основного пылеулавливающего аппарата – скруббера Вентури были следующими: производительность по условиям выхода – 3500-6000 м<sup>3</sup>/час, гидравлическое сопротивление – 7-9 кПа, диаметр горловины - 115 мм, габаритные размеры 540×610×2500 мм, предельно допустимые параметры очищаемых газов: температура и запыленность, соответственно, 673 К и 30 г/м<sup>3</sup>, а содержание взвеси в оборотной воде 0,5 г/л.

Исследования проведены при следующих основных технологических параметрах: запыленность газа - 6-9 г/м<sup>3</sup>, температура газа - 363-403 К. Величина удельного орошения пылеуловителя была в пределах 1-3 л/м<sup>3</sup>. Гидравлическое сопротивление изменялось в зависимости от величины удельного орошения и скорости газовоздушного потока в горловине скруббера Вентури.

Результаты исследований влияния полимерных добавок на эффективность пылеулавливания представлены на рис.1.

Проведенные исследования показали, что использование добавок поверхностно-активных веществ существенно повышает эффективность работы пылеуловителя. Снижение недоулавливания пыли с 3,6-4,3 до 0,6-1,1 % достигается за счет увеличения смачиваемости пыли.

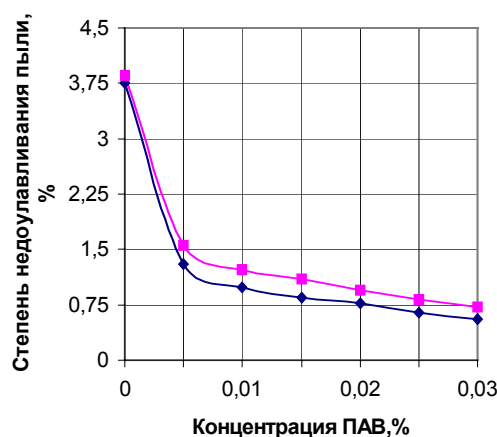


Рис.1. Влияние поверхностно-активных веществ на эффективность пылеулавливания. 1 (нижняя линия) – Унифлок; 2 (верхняя линия) – К-9

Физико-химические основы протекающего при этом процесса заключаются в том, что при столкновении частиц пыли с каплями растворов поверхностно-активных препаратов на поверхности твердых частичек образуется адсорбционный слой с ориентацией гидрофильных полярных групп наружу. Здесь следует иметь ввиду тот факт, что молекулярные силы быстро убывают с расстоянием, а макромолекулы поверхностно-активного вещества на твердой поверхности наиболее прочно закрепляются тогда, когда полимерный «мостик»

будет более коротким. Закрепленные макромолекулы гидрофилизуют поверхность твердых частиц, т.е. увеличивают их сродство к воде. Это, в свою очередь, снижает поверхностное натяжение воды и способствует более интенсивной коагуляции частиц пыли. Наиболее оптимальной является 0,03% концентрация поверхностно-активных веществ, при удельном орошении 2,5-3 л/м<sup>3</sup>.

Как известно, основным фактором, сдерживающим широкое применение мокрого способа пылеулавливания, является утилизация образующегося шлама. Поэтому одной из основных задач наших исследований была утилизация шлама, образующегося при пылеулавливании. Возможным направлением утилизации шлама может стать его использование в качестве связующего при грануляции фосфоритов.

В технике гранулирования к связующему предъявляют ряд требований [3]:

- связующее не должно привести к разубоживанию по основному компоненту гранулируемого материала;
- связующее не должно содержать вредных веществ;
- полученные гранулы должны быть прочными на удар, сжатие и истирание, а также быть термостойкими.

Для того, чтобы определить возможность использования шлама мы исследовали его наиболее важные для процессов гранулирования и термообработки свойства.

Одним из важнейших положений физико-химической механики дисперсных систем является тот факт, что механические свойства физических тел (прочность, пластичность, вязкость) обуславливают их способность сопротивляться деформациям и разрушению под воздействием внешних сил. Для нерастворимых и малорастворимых в воде порошкообразных веществ одним из наиболее важных механических характеристик является пластическая прочность, которая оценивается по предельному напряжению сдвига и характеризует прочность структуры при относительно малых скоростях деформаций.

Исследование пластической прочности шлама, содержащего различные концентрации поверхностно-активных веществ, провели на реологическом комплексе. Функцией, характеризующей влияние соотношения фаз в шламе на его структурную прочность, служила зависимость пластической прочности от влажности.

На рис.2 приводится изменение величины пластической прочности шламов газоочистки в зависимости от их влажности.

Как видно из рис., резкое снижение величины пластической прочности приходится в область влагосодержания шламов газоочистки 20-25%, что свидетельствует о снижении прочности сцепления между частицами и уменьшения сил межмолекулярного взаимодействия. Установленная зависимость пластической прочности шламов газоочистки от влажности наиболее важна для стадии гранулирования фосфоритных дисперсий в тарельчатых грануляторах, а также для процесса транспортировки шламов газоочистки.

Сопоставляя характеристики традиционного связующего – «коттрельного молока» и шлама, содержащего поверхностно-активные вещества, пришли к выводу, что шлам также может быть использован в качестве связующих добавок при грануляции фосфоритов.

С целью изучения процессов превращения и разложения минералов, содержащихся в шламе, и определения температурных пределов их протекания был проведен дифференциально-термический анализ. Изучая термограммы шламов без добавок и с полимерными добавками, определили, что они друг от друга существенно не отличаются, хотя полимер сгорает при температуре 420-470 °С.

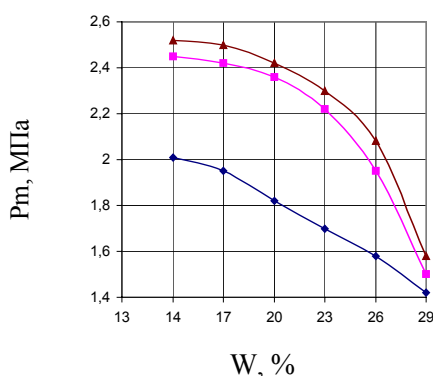


Рис.2. Изменение пластической прочности шлама в зависимости от влажности. 1 (нижняя линия) – без добавок; 2 (средняя линия) – 0,3% К-9; 3 (верхняя линия) – 0,3% Унифлок.

Лабораторные исследования по получению фосфоритных гранул с использованием полимерсодержащих шламов были проведены на лабораторном чашевом грануляторе диаметром 0,5 м. Скорость вращения гранулятора была равна 25 об/мин. При этом поддерживался угол наклона чаши - 50°, а содержание фракций 0,063·10<sup>-3</sup> м и менее в гранулируемом материале составляло 65%

Для испытания прочностных характеристик нами были выбраны гранулы диаметром 10-18·10<sup>-3</sup> м. Исследования показали, что добавки шлама существенно повышают динамическую прочность сырых гранул. В частности, при использовании шлама обработанного раствором полиэлектролита К-9 гранулы выдерживают до 14-16 сбрасываний с высоты 0,5 м, а при использовании шлама обработанного раствором полиэлектролита Унифлок – 14-17, т.е. повышает прочность в 1,5-2 раза.

Динамическая прочность сырых гранул исследована не случайно. Первоначально именно повышение динамической прочности представляет большой практический интерес, так как при их транспортировке гранул до обжиговых машин из-за большого количества перегрузочных узлов часть гранул разрушается, не выдерживая динамические нагрузки. Поэтому за счет повышения динамических прочностных характеристик гранул повышается их кондиционная фракция и предотвращается вторичное пылеобразование.

Эффективное влияние шлама на структурно-механические свойства сырых фосфоритных гранул можно объяснить тем, что за счет адсорбции макромолекул полиэлектролита на таких активных центрах поверхности, как трещины, сколы, ребра и действия сил расклинивающего давления, согласно механизму эффекта Ребиндера, происходит диспергирование крупных агрегатов. Образующиеся при раскрытии микротрещин новые поверхности способствуют образованию новых контактов между структурными элементами гранул и созданию условий для более плотной укладки частиц. Наличие макромолекул полиэлектролита приводит при этом к дополнительному склеиванию частиц, что вносит свой вклад в упрочнение сырых фосфоритовых гранул.

Фосфоритные частицы, модифицированные полиэлектролитом, по всей видимости, играют роль зародышей в процессе гранулообразования, которые, обеспечивая образование контактов поверхность - поверхность, а также поверхность - полимер - поверхность способствуют формированию комка за счет действия сил притяжения между их частицами. Комки в дальнейшем непрерывно уплотняются в гранулы при ударе о неподвижный слой фосфоритной муки и о стенку гранулятора. В результате многократных осыпаний и ударов комок приобретает определенную прочность, а избыточная влага, выдавливаемая при усадке на поверхность комка способствует росту гранул за счет прилипания к ней новых частичек по гидрофилизированным участкам.

Гранулы далее по технологической схеме поступают на сушку и высокотемпературный обжиг, которые определяют конечную структуру и качество фосфоритных гранул. В технологии производства фосфоритных гранул около 30% технологической зоны по длине обжиговой машины отводится сушке сырых гранул, что говорит о немаловажной роли этой стадии в получении качественных гранул. Сушка сырых гранул проводится с целью их обезвоживания и повышения термостойкости, т.е. является зоной подготовки гранул к высокотемпературному обжигу.

Исследование процесса сушки сырых фосфоритных гранул осуществляли дутьем теплоносителя снизу, как это было предложено в работе [3]. Это исключает возможность разрушения гранул при переувлажнении за счет испарения влаги из нижних слоев. За счет содержания связующего шлама в слое гранул регулируются фазовые переходы, что обеспечивает более высокую прочность гранул даже в период переувлажнения.

В ходе исследования процесса сушки удалось установить допустимые значения параметров сушки: оптимальное время сушки, допустимые значения переувлажнения гранул и температуры теплоносителя.

После сушки гранулы подвергаются высокотемпературному обжигу. На рис.3 приводится изменение прочности гранул на сжатие в зависимости от температуры обжига.

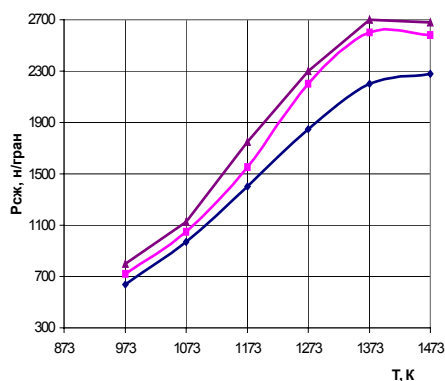


Рис.3. Изменение прочности гранул на сжатие в зависимости от температуры обжига. 1 (нижняя линия) - без добавок; 2 (средняя линия) - с 2% добавкой шлама; 3 (верхняя линия) - с 4% добавкой шлама

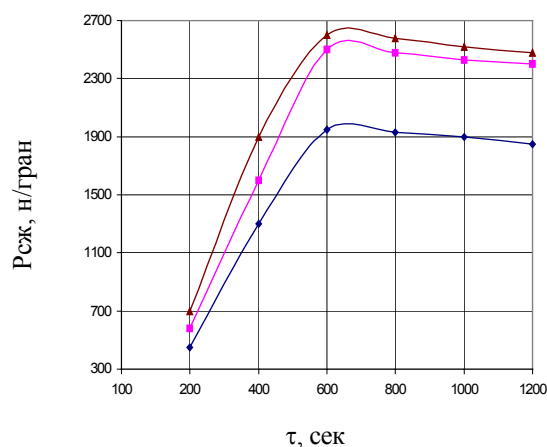


Рис.4. Изменение прочности гранул на сжатие в зависимости от продолжительности обжига. 1 (нижняя линия) - без добавок; 2 (средняя линия) – с 2% добавкой шлама; 3 (верхняя линия) – с 4% добавкой шлама.

Из рис. 3 видно, что увеличением температуры обжига повышается прочность гранул. Причем гранулы, содержащие шлам, имеют более высокое значение прочности на сжатие, чем обычные. Это может быть связано с развитием процесса миграции ионов легкоплавких соединений и их стабильного распределения по всему объему гранул по капиллярам, образованным при сгорании полимеров. Следует обратить внимание на то, что на кривых 2 и 3 наблюдается смещение температурной точки, соответствующей максимальной прочности гранул в сторону более низкой температуры. Это имеет важное значение для экономии энергоресурсов, хотя еще требует подтверждения в промышленных условиях. В области температур 1413-1423 К, при которой гранулы, содержащие шлам, имеют максимальную прочность, практически полностью завершаются фазовые превращения, связанные с разложением и удалением полимера, карбонатов, органических и других примесей, а также образованием легкоплавких соединений, что подтвердилось результатами химического анализа.

На прочность гранул на сжатие существенное влияние оказывает продолжительность обжига. На рис.4 приводится изменение прочности гранул в зависимости от продолжительности обжига. Из рис. видно, что максимальная прочность достигается при 600 с. Требуемая прочность гранул на истирание достигается при 3,0-3,2 % содержании шлама в исходной шихте.

Таким образом, добавки шлама, содержащего поверхностно-активные вещества, играют многогранную роль в формировании и упрочнении гранул. Адсорбируясь на поверхности фосфоритных частиц, они изменяют частично природу поверхности, гидрофилизируя ее, и, способствуя тем самым, повышению прочности, капиллярного всасывания влаги и увеличению числа межчастичных контактов, приводящих к увеличению прочности гранул. Кроме того, миграция макромолекул полимера в микрощели способствует разрушению последних по механизму эффекта Ребиндера и укладки бездефектных частиц в более плотную структуру, в упрочнение которой свой вклад вносит склеивающее действие полимеров. В процессе сушки шлам изменяет поверхностное натяжение влаги, регулирует размер капилляров, уменьшает энергозатраты со снижением температуры фазовых переходов и повышает качественные характеристики гранул.

## Литература

1. Бахов Ж.К., Бейсенбаев О.К., Серманизов С.С. Использование высокомолекулярных полиэлектролитов для интенсификации коагуляции частиц в газовой среде //Тр. международной конференции «Перспективы развития химии и химической технологии». –Шымкент, 1999. –С.24-27.
2. Ахмедов К.С. Регулирование свойств дисперсных систем низко- и высокомолекулярными полифункциональными поверхностно-активными веществами. В кн.: Успехи коллоидной химии. –Киев: Наукова думка, 1983. –С.137-143.
3. Сарманов Х.С., Бахов Ж.К., Сатаев И.К., Аширбекова Г.В. Влияние поверхностно-активных веществ на структурно-механические свойства фосфоритных гранул //Комплексное использование минерального сырья. –1995. –С.62-64.