

УДК 622.765.063.24

## ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАСЛЯНОЙ АГРЕГАЦИЕЙ КОКСУЮЩЕЙСЯ УГОЛЬНОЙ ФРАКЦИИ ИЗ ИЛОНАКОПИТЕЛЕЙ

Папушин Ю.Л., канд. техн. наук, доц.  
Донецкий национальный технический университет

*Рассмотрен механизм формирования агломерата при извлечении дисперсной коксующейся угольной фракции из илонакопителя*

*The mechanism of forming of agglomerate is considered at extraction of dispersible close-burning coal fraction from the pool of depository*

### ***Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

Промышленное использование угольных шламов, находящихся в илонакопителях, является актуальной задачей для энергетической и коксохимической промышленности.

Известно, что только в Донбассе в ило- и шламонакопителях складировано более 100 млн т забалансовых шламов, содержащих до 40 % угольной фракции, и запасы их непрерывно растут [1]. Складирование отходов сопровождается отторжением значительных площадей (свыше 1500 га) и экологической напряженностью в регионе.

Проблемой эффективного извлечения угольной фракции из высокозольных шламов занимается ряд научных организаций и коммерческих структур.

В зависимости от свойств содержимого илонакопителя возможны следующие направления его отработки:

1. Экскаваторная выемка шлама и в зависимости от его зольности производить его отгрузку после воздушной просушки на теплоэлектростанции ( $A^d < 45\%$ ) либо на близлежащую обогатительную фабрику для переобогащения (при  $A^d = 45 - 60\%$ ).
2. Строительство технологического модуля с выемкой шламов земснарядом и с обогащением его на простых гравитационных установках, например, на винтовых сепараторах.
3. Строительство технологического комплекса, адаптивная схема которого разработана институтом "УкрНИИУглеобогащение" [1].

4. Подготовка высокозольных шламов илонакопителей ( $A^d > 60-65\%$ ) к сжиганию в теплотехнических объектах, оборудованных топками с кипящим (циркулирующим) слоем.

Все названные направления имеют существенный недостаток: предусмотренная здесь технология не позволяет выделить низкозольный товарный концентрат, пригодный для целей коксования. Этому способствует относительно высокая зольность отходов флотации коксующихся марок углей, складированных в илонакопителях.

В этой связи исследования, связанные с изучением возможности выделения из илонакопителей товарного коксующегося концентрата, являются актуальными.

**Анализ исследований и публикаций.** В работах [2 - 4] рассмотрены теоретические аспекты и практика применения различных разновидностей процесса масляной селекции применительно к извлечению органической составляющей. Особенностью складированных в накопителях отходов флотации является большое содержание ультратонких угольных фракций, неэффективно извлекаемых флотационным методом. Процессы масляной агрегации (агломерация, грануляция) обладают возможностью извлекать широкий класс крупности угольных частиц из высокозольного шлама и обеспечивать их эффективное обезвоживание на простых аппаратах. Это обстоятельство может оказаться решающим при определении экономической целесообразности использования масляной агломерации для переработки илонакопителей и шламовых отстойников Донбасса.

**Постановка задачи.** Процессы масляной агрегации угольных частиц характеризуются одним существенным недостатком - большим расходом масляного агента. Рентабельность процесса может быть обеспечена при условии последующего улавливания масла и возврата его в процесс. В этой связи представляет интерес использование в качестве масляного связующего при извлечении угольной фракции коксующихся марок продуктов коксохимического производства, улавливаемые в процессе коксования шихты.

Целью работы является углубление представлений о механизме процесса масляной агломерации коксующихся дисперсных шламов, складированных в илонакопителях.

**Изложение материала и результаты.** При рассмотрении механизма структурирования низкозольного алгомерата учтены особенности объекта агломерации (отходов флотации илонакопителя) – низ-

кая концентрация и малая крупность органической массы, наличие илистых породных частиц.

Согласно [4] процесс селективной масляной агломерации (СМА) представляется последовательно протекающими этапами:

- формирование углемасляной «амальгамы» путем насыщения ее олеофильной дисперсной фазой;
- разрушение «амальгамы» на углемасляные комплексы;
- формирование и упрочнение сферических гранул.

Определяющим этапом процесса СМА по данной схеме, ответственным за эффективность обогащения, является «амальгамирование», механизм которого обуславливается физико-химическими и структурно-реологическими свойствами водоуглемаляной суспензии, а также интенсивностью гидродинамических воздействий, имеющих место в аппарате агломерации.

Рассмотрим механизм формирования углемасляной «амальгамы» в относительно разбавленных суспензиях и малых концентрациях в ней органической массы, что имеет место при агломерации отходов флотации. В этом случае, когда объем водной фазы значительно превосходит масляный, турбулизация суспензии приводит к известной неустойчивости движения слоев аполярной жидкости во всем объеме и неизбежному утонению и разрушению масляной фазы на струи и капли. Данное обстоятельство во многом способствует гидрофобным взаимодействиям, обусловленным силами притяжения между аполярными группами масла и угля в водной среде. Как указано в [5], вода, в которой находится углеводородная жидкость или твердое аполярное тело, стремится избавиться от инородных и инертных аполярных молекул, что неизбежно приводит к объединению последних между собой. Суммарная площадь контактов КГВ с водной фазой стремится к минимуму, что создает предпосылки для последующего активного наполнения «амальгамированной» углемасляной фазы. Деструкция последней гидродинамическими воздействиями сопровождается резким увеличением эффективной, с точки зрения «амальгирования», поверхности раздела, которую [6] оценивает пропорциональной отношению сдвиговых сил, присущих определенному типу смесителя, к силам поверхностного натяжения системы:

$$S_{y\partial} = k_1 We^{\frac{1}{3}} \exp \frac{k_2 (\rho_c - \rho_\phi)}{\rho_c} \quad (1)$$

где  $\kappa_1$  и  $\kappa_2$  - постоянные смесителя;

$We = \rho V^2 r / \sigma$  - критерий Вебера;

$\rho_c, \rho_f$  - плотность дисперсионной среды и дисперсной фазы соответственно;

$\rho_c, V$  - плотность и скорость разрушающего вихря;

$r$  - радиус капли;

$\sigma$  - поверхностное натяжение на границе раздела масло-вода.

Здесь обращает на себя внимание тот факт, что удельная поверхность масляной фазы пропорциональна помимо динамической энергии, подводимой активатором смесителя, разности плотностей дисперсионной среды (суспензии) и дисперсной фазы (масла). Следовательно, при прочих равных условиях более интенсивной деструкции подвергается «чистая», т.е. не наполненная еще угольными частицами масляная фаза, что, несомненно, повышает вероятность контактных взаимодействий гидрофобных компонентов.

Первичные контакты приводят к закреплению дисперсных угольных частиц на поверхности деструктурированной аполярной жидкости, что с позиций межфазовых взаимодействий можно рассматривать как грубое эмульгирование масляной компоненты, частично стабилизированное твердым эмульгатором [6]. В дальнейшем гидродинамические воздействия и активно протекающие процессы самодиффузии угольных частиц в глубь масляной фазы способствуют слиянию контактирующих аполярных фрагментов и заполнению всего объема связующей жидкости олеофильной дисперсной фазой. Если рассматривать агломерационный аппарат как модель с локальной концентрацией энергии в зоне механического активатора, то правомерно предположить, что деструкция масляной фазы осуществляется преимущественно в зоне действия активатора, рекомбинация – в периферийных областях аппарата, где число Вебера имеет минимальное значение. В результате образуется углемасляная «амальгама», время жизни которой обусловлено временем полного перехода всей углеродной части угольно-минеральной суспензии в объем масляной фазы. В данном случае масляная фаза играет роль зольевой среды, а дисперсный уголь – структурирующего агента. Адгезионные взаимодействия между компонентами «амальгамы» приводят подобные зольевые системы в напряженное состояние с ориентированными цепочками из угольных частиц. Как указывается в работах П.А. Ребиндера [7], в аналогичных системах сцепление частиц между собой происходит через тонкие равновесные прослойки масла, что определяет харак-

терные структурно-реологические свойства «амальгамы» – пониженную прочность, структурную вязкость, ползучесть.

В условиях повышенной турбулентности в «амальгаме» осуществляется разрыв наиболее слабых структурных связей, а в случае превышения критического числа Вебера – и оплошности фазы. Характер разрыва и форма фрагментов «амальгамы» определяется соотношением вязкости фазы и среды. Повышенная структурная вязкость «амальгамы» способствует вытягиванию элементарных флокул в цилиндрические образования, на среднее сечение которых действуют сдвиговые разрушающие напряжения [8]:

$$\tau = \frac{\pi k^2 \bar{V}}{2(1.43 - \lg \frac{l^2 \rho_c \bar{V}}{\eta k})} \quad (2)$$

где  $\eta$  - вязкость суспензии;  $k = l/d$  - отношение длины к диаметру элемента;  $\bar{V}$  - градиент скорости потока;  $\rho_c$  - плотность суспензии.

Структурная прочность, препятствующая разрушению рассматриваемого фрагмента «амальгамы», может быть оценена по П.А. Ребиндеру:

$$P_m = kF\varphi d^2, \quad (3)$$

где  $k$  - постоянная;  $F$  – сила сцепления каждого контакта, равная в данном случае величине аутогезии между контактирующими слоями;  $\varphi$  - объемная концентрация угольных частиц;  $d$  – диаметр зерен.

При прочих равных условиях прочность структуры определяется концентрацией в «амальгаме» дисперсного угля. Малоцентрированная «амальгама» разрушается под действием гидродинамических сил при  $\tau > P_m$  с образованием сравнительно низковязких флокул, прочность которых обусловлена и когезией связующего.

Увеличение концентрации угольных частиц в «амальгаме» сопровождается снижением ее тиксотропных свойств из-за повышения прочности и жесткости системы, и приводит до фазовых контактов зерен друг с другом, вызывающих значительные дефекты в структуре. В этом случае разрушение «амальгамы» осуществляется по механизму сдвига при существенном вкладе деформации вращения. В подобных условиях, проявляется эффект сверханомалии вязкости системы в связи с переходом внутреннего трения скольжения в трение качения элементов «амальгамы», что сопровождается образованием вращающихся комплексов – углемасляных агломератов. Действующим

щие гидродинамические силы способствуют увеличению плотности упаковки частиц в агломерате. Этому благоприятствует полидисперсный состав углеродистых частиц и объемные деформации в углемаляном агрегате, упрочняющие агломерированный концентрат.

Исходя из рассмотренного механизма формирования агломерата следует, что важными факторами, определяющими крупность и прочность агломерата, является интенсивность перемешивания суспензии и концентрация связующего масла.

В лабораторных условиях выполнены эксперименты по агломерации отходов флотации, складированных в илонакопителе Авдеевского КХЗ. Зольность отходов составляла 68,5 %. Содержание твердого в суспензии поддерживалось в пределах 280 г/л. В качестве масляного агента использовался полимер бензольного отделения АКХЗ.

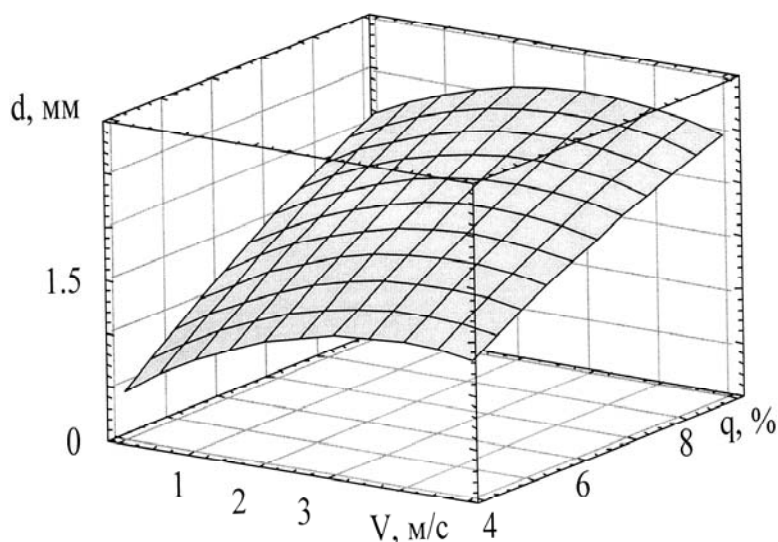


Рисунок - Зависимость крупности агломерата ( $d$ ) от окружной скорости активатора ( $V$ ) и расхода масла ( $q$ )

Из которого следует экстремальная зависимость размера агломерата от интенсивности перемешивания суспензии. Данное обстоятельство не противоречит рассмотренному механизму формирования агломерата в условиях малого содержания извлекаемой органической массы в исходном материале и малоконцентрированной суспензии. Снижение размера агломерата при окружной скорости активатора аппарата, превышающей 3 м/с, связано, вероятно, с ростом разру-

Варьируемые факторы – удельный расход масла ( $q$ , % к сухой массе твердого) и окружная скорость активатора аппарата ( $V$ , м/с).

Процесс агломерации проводился в щелочной среде при  $pH = 10 - 11$ .

Критерием процесса принята крупность продукта, обеспечивающая простоту его обезвоживания.

Графическое представление результатов показано на рисунке.

шающих напряжений (2), действующих на еще несформировавшиеся углемаляные конгломераты.

Пропорциональный рост диаметра агломерированного продукта по мере увеличения расхода связующего масла согласуется с результатами многих исследований [2, 3]. Достигнутая крупность продукта позволяет производить его отделение от суспензии и осуществлять обезвоживание на дуговых ситах, что выгодно отличает данную технологию от традиционных методов обогащения.

Важным моментом здесь является возможность использования при извлечении коксующихся шламов в качестве связующего масла продуктов коксохимического производства, обеспечивающих достаточную селективность извлечения (зольность агломерированного концентрата 7,2 – 7,6 %).

### ***Выводы и направления дальнейших исследований.***

На основании углубления механизма структурирования углемаляного агломерата и экспериментальных исследований показана возможность извлечения дисперсных коксующихся шламов из илонакопителей с использованием в качестве связующих веществ продуктов коксохимического производства.

Список источников.

1. Курченко И.П., Золотко А.А., Скляр П.Т. Извлечение в товарную продукцию забалансовых угольных шламов.//Уголь Украины. 2001, № 1, -с. 38-41.
2. Vogenscheider В. Das Oliflog-Vervahren//Aufbereitung-Technik. 1977, № 5, -s. 219-224.
3. Білецький В.С., Сергеев П.В., Папушин Ю.Л. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля. Донецьк: Грань.- 1996. – 264 с.
4. Папушин Ю.Л., Елишевич А.Т. Структурообразование в процессе селективной масляной агломерации тонкодисперсного угля.// Химия твердого топлива. 1985, № 5, -с. 92-97.
5. Пчелин В.А. Гидрофобные взаимодействия, их физическая природа и значение в коллоидной химии.// Связанная вода в дисперсных системах. –МГУ. 1974, № 3, - с. 103-119.
6. Гопал Е.С. Принципы получения эмульсий.//Эмульсии. –Л.: Химия. 1976, -с. 9 – 72.
7. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика. –М.: Знание. 1958, -64 с.
8. Бирик Е.Е., Лавров И.С. Измерение сил сцепления частиц и агрегированных дисперсных систем // Коллоидный журнал. 1980, т.32, № 4, -с. 483-488.

*Дата поступления статьи в редакцию: 05.11.07*