

Трансформация органической массы тонкодисперсных отходов углеобогащения

М.П. Баранова

Предложена технология ожижения органической массы угля в органическом растворителе путем воздействия на исходную смесь (уголь + органический растворитель) экстремальных физических воздействий: гидродинамической кавитации электромагнитного излучения, ультразвука и др. Процессы необходимы для глубокой переработки угля

Одним из перспективных способов утилизации угольных шламов и тонкодисперсных отходов углеобогащения является использование технологии глубокой переработки угля в виде углеводомасляной суспензии путем её ожижения с использованием методов механохимии [1-12] и электроимпульсной деструкции. Особенности технологии заключаются в том, что в качестве экстремальных воздействий одновременно и последовательно используются механохимические и физические воздействия (гидродинамическая и ультразвуковая кавитация, электроимпульсный разряд), и в том, что экстремальному воздействию подвергается углеводомасляная суспензия - УВМС, полученная на основе угольных шламов или предварительно выделенной органической массы угля.

Цель работы состояла в исследовании возможности переработки угольного шлама (фильтр-кека,

тонкодисперсных отходов углеобогащения) в углеводородные продукты передела.

Экстремальные процессы необходимы для глубокой переработки угля и дальнейшего его использования в качестве исходного сырья для энергетики и химической промышленности, а также добавки – активатора процесса сжигания в топочном пространстве. В качестве наноактиваторов использованы органические соединения кластерного типа - наночастицы (20 нм), состоящие из нескольких однотипных молекул. Они имеют вторичную структуру благодаря внутренним водородным связям, которые обеспечивают эффект активации при относительно низких температурах, поскольку у протонов водородных связей очень низкие вращательно-колебательные уровни возбуждения. Наноактиваторы получены путем предварительного тонкого измельчения части ВУС с реагентом пластификатором с последующим ультрадиспергированием с применением гидродинамического активатора. Разработанные наноактиваторы имеют весьма прочную общую структуру, за счет чего способны активировать топочные газы при высоких температурах.

Процесс ожижения путем экстремальных физических воздействий. Задача процесса ожижения состоит в проведении реакции деполимеризации вещества и гидрирования продуктов деполимеризации. Эти реакции инициируются специальными высоковольтными импульсными разрядами в смеси угля, воды и органического растворителя. В канале разряда вещество разогревается до сотен тысяч градусов и, соответственно, резко расширяется, создавая высокое давление до нескольких тысяч МПа, вызывая в том числе кавитационные явления. Появляющиеся радикалы

кислорода, водорода, гидроксила и свободные электроны активируют суспензию в целом и способствуют разрушению длинных углеводородных молекул, приводя к появлению жидких органических продуктов. Атомарный водород участвует в реакции гидрирования, замыкая вновь образованные молекулярные соединения. К тому же, при высоковольтном разряде происходит дополнительное измельчение частиц угля за счет растягивающих механических напряжений – продукт разуплотняется, т.е. появляются дополнительные поры, повышающие доступ растворителя к частицам угля.

Наличие воды и углеводов необходимо в качестве одного из компонентов сверхкритической жидкости, локально образующейся в процессе кавитации. Процесс ожижения в сверхкритической среде идет наилучшим образом при наличии органических углеводов и воды. При реализации указанного выше способа утилизации отходов обеспечивается наиболее полное использование всего добытого. Также получается новый востребованный энергетический продукт – нефтепродукты, которые могут использовать, в том числе, в качестве флокулянтов, либо топлива для котельных [1-14].

Фильтр-кек имел следующие характеристики (%): зольность - 42,6, влажность – 2,8.

Исходный состав для переработки представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав исходного продукта для переработки

Наименование	Массовая продукте, %
Угольный шлам, в т.ч.:	42,46

Уголь без золы и воды	23,18
Зола, как часть угля	18,09
Вода, как часть угля	1,19
Вода	12,15
Отработанное масло	45,9

На рисунке 1 представлена технологическая линия, реализующая предлагаемый способ деструкции органических соединений угольного сырья в органическом растворителе путем использования экстремальных физических воздействий.

Технологическая линия содержит: узел предварительного мокрого измельчения исходного угольного сырья до кл. 0-1(3) мм, узел смешивания водоугольной суспензии с масляным агентом, узел выделения образовавшихся углемасляных гранул и отделение водопородной суспензии; узел обезвоживания водопородной суспензии; установку получения ВУМС на основе угольного концентрата – уголь масляного гранулята и органического растворителя, в качестве которого преимущественно используют масляный агент грануляции; узел экстремальных физических воздействий, включающий зоны гидродинамической и ультразвуковой кавитации, высокочастотного электромагнитного воздействия и температур.

Способ и технологическая линия для его осуществления работают следующим образом.

Исходный уголь подвергается предварительному мокрому измельчению до кл. 0-1(3) мм. Полученная водоугольная суспензия поступает в смеситель, где смешивается с масляным агентом. В результате смешивания за счет закрепления капель масляного агента

лиофобной поверхности чистых угольных частиц образуются углемасляные гранулы – углемасляный гранулят, плотность частиц которых меньше плотности жидкой фазы – воды. В результате частицы углемасляного гранулята всплывают на поверхность, а породные частицы, преимущественно лиофильные, оседают на дно емкости. Таким образом осуществляется разделение углемасляного гранулята от породы.

Может также производиться грохочение полученной смеси, и так как образовавшиеся углемасляные гранулы больше по размеру породных частиц, последние с водой проходят через сито грохота, а верхний продукт грохочения удаляется с сетки грохота. Водопородная суспензия подвергается обезвоживанию, например центробежным способом, и отделенная вода направляется в голову процесса, а порода выводится из процесса.

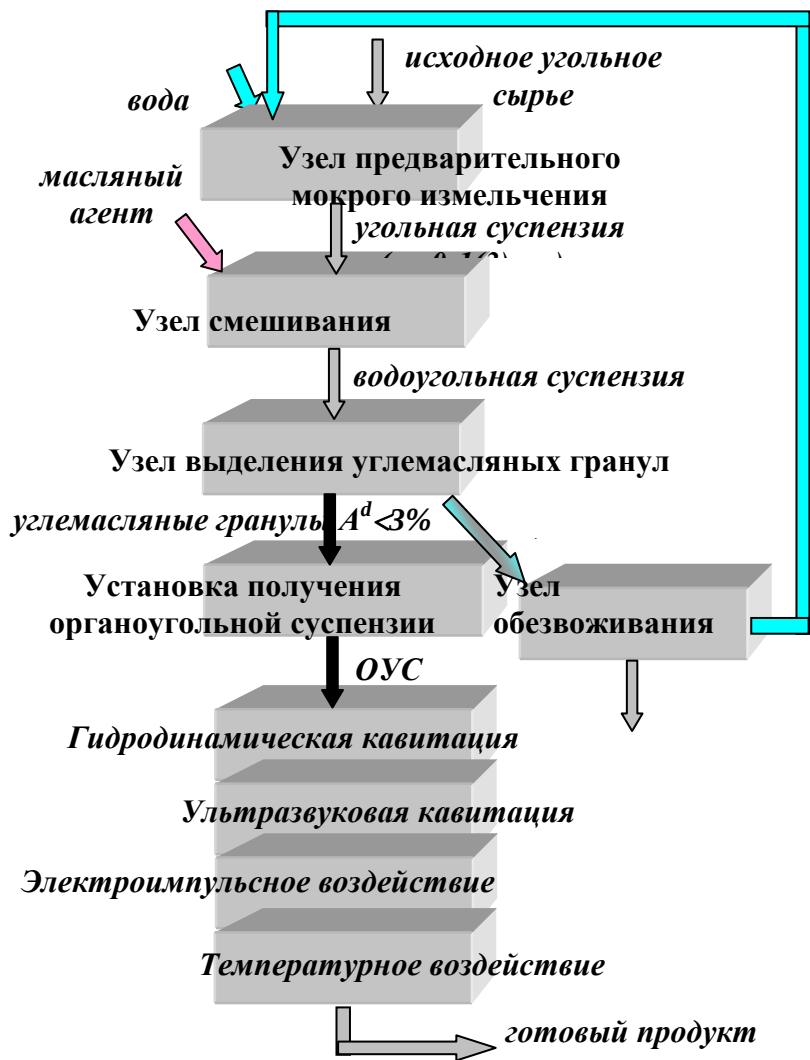


Рисунок 1. Технологический процесс способа деструкции органических соединений угольного сырья в органическом растворителе

Полученный углемасляный гранулят в виде углемасляных гранул с размером до 3-5 мм вместе с органическим растворителем, в качестве которого преимущественно используют масляный агент, направляются на установку приготовления водоуглемасляной суспензии. В качестве основного технологического оборудования для приготовления ВУМС используются вибромельницы, барабанные мельницы или высокоинтенсивные смесители-гомогенизаторы. Полученная ВУМС насосом подается в узел экстремальных физических воздействий. Для реализации гидродинамической кавитации используют насосы-кавитаторы, частота вращения рабочих(его) колес(а) которых(ого) и количество зазоров соответствует резонансной частоте колебаний молекул деструктурируемого органического соединения. Достижения резонанса частоты определяется опытным путем в процессе пусконаладочных работ при получении максимального выхода легких фракций в готовом продукте. Одновременно или последовательно ВУМС подвергается ультразвуковой кавитации при использовании ультразвуковых аппаратов и высокочастотному электроимпульсному воздействию путем применения генератора высокочастотных электроимпульсных разрядов. В таблице 2 показан состав конечного продукта процесса ожижения.

На основе результатов процесса ожижения получена добавка, которую можно использовать как интенсификатор горения при сжигании угольного топлива в котельных агрегатах. Проведенные пилотные испытания полученной добавки показали, что расход топливной добавки составлял $10 \div 11$ кг готового раствора на 1 т угля.

Таблица 2 – Результат ожижения

Наименование компонентов сырья в полученном образце	Ма
Нефтепродукты, в т.ч.:	61,1
Нефтепродукт, (170-364 °С)	33,5
Нефтепродукт, (свыше 364 °С)	25,6
Нефтепродукт, потерянный в виде газа при проведении анализа ЗСИЦ	2,00
Зола из угля	18,0
Вода	12,4
Потери, газ при перегонке пробы	9,45

Орошение загружаемого в бункер угля производилось периодически в соответствии с установленным в котельной графиком заполнения бункеров. Эффективность действия топливной присадки оценивалась путем проведения балансовых испытаний котла до введения присадки и после при различной производительности с последующим расчетом основных технико-экономических показателей методом обратного баланса.

Результаты работы котла с применением присадки и без присадки на разных мощностях представлены на рисунке 2.

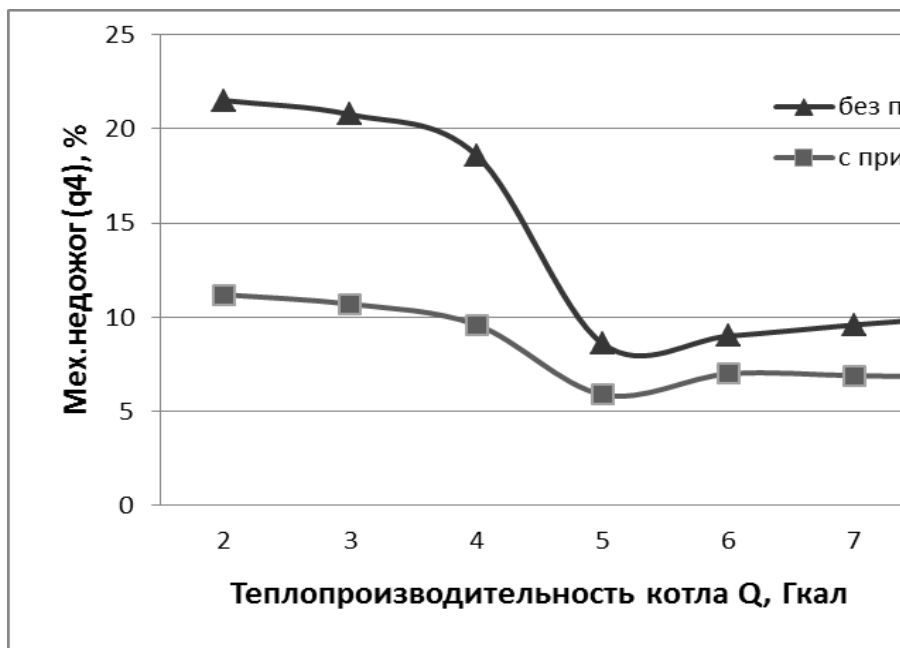


Рисунок 2. График эффективности сжигания угля без присадки и с присадкой при работе котла на разных мощностях.

Заключение

Органическая часть твердой массы приготовленной водоуглемасляной суспензии в результате экстремального воздействия превратилась в относительно тяжелую органическую жидкость, которая может быть использована в качестве котельного или моторного топлива, а также в качестве исходного сырья для получения различных углеводородных жидкостей. Так же установлено, что для увеличения конверсии органической части угля в синтетическую нефть целесообразно максимально уменьшить содержание золы в исходном продукте

Применение присадки обеспечило снижение содержания горючих в шлаке и уносе, что, соответственно, уменьшило потери тепла с мехнедожогом на 29-50 %. Отмечена повышенная эффективность работы котла после окончания испытаний присадки, что может быть следствием сохранения эффекта чистоты поверхностей нагрева

Исследование было выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Научно-исследовательский проект № 20-43-420016 p_a

Список использованных источников

1. V.I. Murko, E.M. Puzyryov, V.I. Karpenok, V.I. Fedyaev, M.P. Baranova The Usage Of Boilers With A Furnace For Burning Enrichment Products And Deballasting Coal / XVIII International Coal Preparation Congress, Saint-Petersburg, Russia. – 2016. – P. 345-350.
2. V.I. Murko, V.I. Fedyaev, H.L. Aynetdinov, M.P. Baranova Enviromentally clean techology of fine waste coal utilization /The 17th International Coal Preparation Congress. – Turkey. – 2013. – P. 679–682;
3. J. Janiszewski Int. J. Solids and Struct. 2012. V. 49. No 7–8. P. 1001.
4. Alaa M. Musalam and Abdel Fattah A. Qaraman. The thermal behavior of the coal-water fuel (CWF). International Journal of Energy and Environmental Research, Vol. 4, No.3, (August 2016). pp.27-36
5. Хренкова Т.М. Механохимическая активация углей. М., изд. «Недра». 1993, 176 с.
6. Каирбеков Ж.К., Ешова Ж.Т., Мылтыкбаева Ж.К. Исследование влияния механохимической обработки

на процесс гидрогенизации угля. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, №8, 2012, с. 45-48

7. Селиванова Т.В., Итакура Кен-ичи Структурные изменения углей в процессе их термического разложения. Вестник инженерной школы ДВФУ. 2012. №1 (10), с. 94-97.
8. Vernon L.W. // Fuel. 1980. V. 59. P. 102.
9. Deno N.C., Greigiger A., Jones A.D., Rakitsky W.G. et al. // Fuel. 1980. V. 59. P. 701.
10. Deno N.C., Curry K., Jones A.D., Minard R. et al. // eds. Copper B.R., Petrakins L. Chemistry and Physics of Coal Utilization. N. Y. : Amer. Inst. Phys., 1980. P. 154.
11. Kuhlmann E., Boerwinkle E., Orchin M. // Fuel. 1981. V. 60. P. 1002.
12. Глубокая переработка бурых углей с получением жидких топлив и углеродных материалов / Б.Н. Кузнецов, Т.Г. Шендрик, М.Л. Щипко и др. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2012. – 212 с.
13. Уголь мира /ред. Л.А. Пучков. – М.: Горная книга, 2013. – Т. 3. Уголь Евразии. – 752 с.
14. Михеев В.А., Ворсина Е.В, Москаленко Т.В. Традиционные методы получения синтетического жидкого топлива из твердых горючих ископаемых Тенденции развития науки и образования №33-1, 2017, С. 23-27