

УДК 66.03

Переработка углей ООО «Шахта «Листвяжная» (АО ХК «СДС-Уголь») с целью получения опытной партии карбонизата и исследования его свойств

Брызгалов Л.П., (ведущий инженер департамента перспективного развития АО ХК «СДС-Уголь»), аспирант гр. ХТ-2019, 2 год обучения
Научный руководитель: Исмагилов З.Р., академик РАН
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского
отделения Российской академии наук, г. Кемерово

Целью работы является оценка возможности получения из предоставленных видов углей с ООО «Шахта «Листвяжная» (Российская Федерация) высокомаржинальных продуктов, произведенных на пиролизной шахтной электропечи, углеродсодержащих материалов, для коммерческого использования, а именно - для применения в металлургии (ферросплавное, литейное, карбидное, фосфорное производство, агломерация руд), а также горючих газов (сопутствующий продукт) и выработки тепловой и электрической энергий.

Результатами работ является:

- образцы наработанного продукта в количестве 3 литра;
- результаты исследования образцов наработанного продукта.

В основе технологии электропечи шахтной пиролизной заложены конструкция, принципы и методы, разработанные ООО «ЭПОС-Инжиниринг» (г. Новосибирск).

Принцип переработки заключается в том, что в печи осуществляется среднетемпературный частичный пиролиз исходного угля за счёт частичного слоевого регулируемого окисления продуктов пиролиза и прямого воздействия на материал электромагнитного поля и электротока, с последующим «сухим тушением» полученного карбонизата.

Шихта последовательно проходит зоны: предварительного нагрева, сушки, пластификации, кристаллизации (с удалением влаги и части летучих), структурных и химических превращений, с частичной карбонизацией диоксида кремния золы первичного угля, зоны выдержки, «сухого тушения», дозированной выгрузки полученного коксового остатка. Технология отработана на опытно-промышленной установке производительностью 10 кг/час по углю (до 6 кг/час полученного продукта);

При реализации технологии в промышленных масштабах образующийся попутный горючий генераторный газ может быть охлаждён, очищен и подан на мини-ТЭС, с последующей выработкой тепла и электроэнергии (возможно использование получаемого печного газа для других целей).

Тепло от цикла сухого тушения, охлаждения карбонизата (коксового остатка) может быть использовано для технологического использования в генерации тепла и электроэнергии, для отопления производства, АБК, теплиц, обжига кирпича (при наличии рядом кирпичного завода) и др. целей.

Электропечь шахтная пиролизная конструктивно представляет собой печь шахтного типа, имеющую цилиндрический внешний корпус и футерованный свод шатровой формы (рисунок 1.).



Рисунок 1. Внешний вид электропечи шахтной пиролизной (промплощадка ООО «ЭПОС-Инжиниринг»)

Исходный материал, порционно, поступает в пространство электропечи, таким образом, чтобы обеспечивалось равномерное распределение материала по сечению на колошнике. Номинальная производительность печи составляет 10 кг/ч по углю.

Верхняя зона электропечи выполняет функцию подогрева и подготовки исходного материала к переработке. В результате подогрева и подготовки большая часть органической фазы угля переходит в газообразное состояние, из твердого куска выделяются летучие соединения, происходит выделение тяжелых фракций (смол). По мере схода материала, под слоем шихты, происходит его нагревание за счет теплопроводности материала и слоевого окисления управляемым потоком воздуха, при наличии электрического поля. В этот период происходит контролируемое испарение влаги угля и его нагрев с заданной управляемой скоростью до температуры начала пластификации.

При этом, слои угля получают прогрев до температур не менее 750°C , что приводит к образованию на поверхности куска электропроводного слоя.

Скорость нагрева до температуры $300\div 700^{\circ}\text{C}$ поддерживается в интервале $25\div 50^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

Горючий газ, выделившийся в зоне подогрева материала, принудительно подается вниз, в зону дополнительного электронагрева и в зону выдержки, обеспечивая температуру карбонизата, достаточную для удаления из него остаточного количества летучих. Пары воды из угля удаляются вместе с горючим газом.

Управляемая подача воздуха на частичное окисление горючего газа, осуществляется в зоне электронагрева, и обеспечивается в объеме, задающим необходимую скорость нагрева и протяженность зоны энерговыделения, совместно с нагревом за счет протекания тока в шихте.

Эффективное сечение газоотводящих патрубков и расход газа на своде должны обеспечивать необходимую скорость газового потока в непосредственной близости от колошника и на выходе в газоход.

Согласованные поддерживаемые режимы по скорости схода шихты, скорости нагрева, скорости роста проводимости, скорости газовыделения и ряда других параметров технологии, приводят к тому, что в кусковом материале, при наличии электромагнитного и электрического воздействия, формируется новая структура, с развитой поверхностью и пористостью, элементами трещиноватости, но вместе с тем - с возросшей проводимостью материала, не достигающей, проводимости кокса. (В задачу термообработки входит сохранить относительно высокое сопротивление продукта, т. к. низкое сопротивление приводит к выходу электродов при работе рудотермической печи наверх, ухудшению режимов работы печи, повышенному пылевывосу, часто- снижению производительности и ухудшению извлекаемости по основному продукту). Для правильно выбранных типов углей формирующаяся структура не приводит и к уменьшению размеров кусков и уплотнению, приводящих к росту проводимости.

Термообработанный в зоне нагрева материал опускается через кольцевой электрод, где происходит выравнивание температурного поля за счет теплопроводности и протекания электрического тока через сечение кольцевого канала.

Из кольцевого электрода материал поступает в зону выдержки, где он находится в течение $25\div 30$ мин. После прохождения нижней зоны выдержки, материал поступает в камеру сухого тушения (зона охлаждения), где под действием инертного газа охлаждается до температуры $180\div 200^{\circ}\text{C}$, при котором окисление углерода карбонизата кислородом воздуха не происходит.

Образующийся при обработке угля горючий газ выводится из электропечи через газоотводящие патрубки и подается на утилизацию. Температура горючего газа на выходе из электропечи может достигать 1000°C .

Охлажденный карбонизат через устройство выгрузки, дозированно, подается в герметичные емкости, где находится до полного остывания [2].

От каждого вида подготовленного к карбонизации угля был произведён отбор проб, с целью определения технического анализа топлива для расчета технологического процесса.

Для определения условий процесса карбонизации углей необходимо предварительно исследовать их качественные показатели, которые являются важными критериями для проведения процесса карбонизации.

От режимов нагрева, времени обработки на разных этапах, температуры в различных зонах процесса карбонизации зависят качественные показатели получаемого карбонизата, расходы различных видов энергии.

В связи с анализом полученных сортомарок было принято решение проводить обработку в печи шахтного типа только угля марки ДОМ (13-50 мм), т.к. в печах шахтного типа не представляется оптимально обрабатывать пылевые материалы, мелкозернистые без предварительного брикетирования или получения окатышей достаточной прочности и стойкости при воздействии температур при обработке.

Результаты исследований:

Таблица 1. – Характеристики угля ДОМ (13-50) в сравнении с полученным карбонизатом

№	Показатели	Обозначение	ДОМ	Карбонизат
1	Влага общая (рабочее состояние топлива),%	W_t^r	8,0	0,48
2	Зольность, %	A^d	3,8	6,0
3	Выход летучих веществ (сухое беззольное состояние), %	V^{daf}	38,0	0,5
4	Нелетучий (связанный) углерод	C	52,2	93,2
5	Элементный состав	C	79,48	93,2
6		H	6,87	0,89
7		O	11,3	-
8		N	2,18	-
9		S	0,17	0,18
10	Теплота сгорания Высшая, МДж/кг(ккал/кг)	Q_s^{daf}	32,03 (7655)	32,11 (7674)

11	Теплота сгорания на сухое беззольное состояние, МДж/кг(ккал/кг)	Q_i^{daf}	25,75 (6154)	31,04 (7418)
12	Теплота сгорания низшая (рабочее состояние топлива), МДж/кг(ккал/кг)	Q_i^r	22,59 (5399)	29,02 (6935)

Таблица 2. – Сравнительные характеристики восстановителей для выплавки ферросилиция

Контролируемые параметры.	Характеристики восстановителей для выплавки ферросилиция	
	Металлургический кокс**	«КарбоСил-Э»
Фракция, мм	10-25	10 – 50
Нижний предел, %	2,95	не более 5
Верхний предел, %	4,18	не более 5
С тв, %	75,0	93,0
Влажность, %	3-13	1,5-3
Зольность, %	12,3	6
Летучие, %	1,5	0,5
Фосфор, %	0,078	-*
P ₂ O ₅ в золе, %	-	1,55
Al ₂ O ₃ в золе, %	30	35,5
CaO в золе, %	5	7,82
TiO ₂ в золе, %	1,5	1,97
УЭС, Ом*см	0,04	6,0

* – по содержанию фосфора требуется дополнительные исследования,

** – данные из литературы [1].

Заключение:

1. На основе углей марки ДОМ шахты «Листвяжная», после процесса карбонизации возможно получать:

- Качественные карбонизаты для выплавки сложных кремнистых ферросплавов, ферросилиция высоких марок, карбонизаты обладают повышенным УЭС (3,2-7,0 Ом*см при 1600 0С, вместо 0,8 Ом*м для кокса), что обеспечит более низкую посадку электродов, снижение газовой составляющей при работе ферросплавной печи, увеличение производительности печи.

2. Полученный карбонизат можно разделить на две группы: кусковой и пылевидный. Пылевидный карбонизат является идеальным топливом для вдувания в пылегазовые горелки, взамен природному газу. Максимальный эффект от использования пылевидного карбонизата может быть получен при использовании в новых металлургических технологиях, таких, как вдувание в расплав для его науглероживания.

3. В процессе карбонизации, помимо твердого остатка (карбонизата), образуются газообразные продукты (печной синтез-газ), который может быть применен как самостоятельный продукт для выработки электрической и тепловой энергии.

Список используемой литературы

1. Агроскин А.А. Физические свойства углей. 239с.
2. Паспорт опытно-промышленной установки шахтной пиролизной электропечи ООО «ЭПОС-Инжиниринг».