

М.Б. Школлер

Сибирский государственный индустриальный университет

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Научно-производственной фирмой «Сибтермо» (г. Красноярск) разработана и освоена в промышленном варианте технология автотермического полукоксования бурых углей Канско-Ачинского бассейна [1]. Получаемый в этом процессе буроугольный полукокс (БПК) является низкосернистым и низкзолым высокоуглеродистым продуктом, характеризующимся высокой химической активностью, повышенной адсорбционной способностью. Он предназначен для использования в качестве пылевидного энергетического топлива и очистки от примесей газообразных и жидких веществ. Однако ряд потребителей нуждается в кусковом энергоносителе с такими же характеристиками.

По заказу фирмы «Сибтермо» разработали способ химико-термического окускования буроугольного полукокса с получением углерод-углеродных композитов.

Основы способа были заложены в работе [2]. Его принцип заключается в следующем. Полукокс, выходящий из реактора с температурой 700 – 800 °С, выполняет функцию твердого теплоносителя для нагрева в специальном смесителе коксующегося угля до температуры максимального размягчения пластической массы. Соотношение компонентов для достижения поставленной задачи рассчитывается на основе совместного решения уравнений материального и теплового баланса смесителя. Если принять допущения о том, что газовая фаза мгновенно удаляется при той температуре, при которой она образуется, а теплоемкости полукокса и нагреваемого угля одинаковы, то можно получить упрощенное уравнение расчета соотношения масс теплоносителя и нагреваемого угля (K):

$$K = (T_c - T_y) / (T_{пк} - T_c),$$

где T_c – заданная температура нагрева смеси, °С; T_y – температура исходного угля, °С; $T_{пк}$ – заданная температура теплоносителя, °С.

Для получения композитов была создана экспериментальная установка (рис. 1), состоя-



Рис. 1. Лабораторная установка по получению композитов

щая из шахтной лабораторной электропечи; лабораторного реактора; потенциометра; электрообогреваемой матрицы; машины для испытания на сжатие ИП-6012-1000-1.

В корпус шахтной лабораторной электропечи помещался лабораторный реактор – металлический цилиндрический аппарат со съемной крышкой. В крышку был вварен «карман» для термопары, штуцер для измерения давления внутри реактора, предохранительный клапан. В центре крышки имелось отверстие для мешалки. Узел ввода вала мешалки снабжен сальником с набором чередующихся металлических и фторопластовых прокладок и принудительным водяным охлаждением.

Посредством термопары, помещенной в «карман», измерялись температуры в зоне взаимодействия компонентов реакционной смеси. Термопара подсоединялась к потенциометру ТРМ 138-Р, предназначенного для построения автоматических систем контроля и регулирования производственными технологическими процессами.

Электрообогреваемая матрица представляла собой обогреваемую электроспиралью прессформу со съемной верхней и нижней частями, в стенку которой помещена хромель-алюмелевая термопара.

Машина для испытания на сжатие ИП-6012-1000-1 с гидравлическим нагружающим

устройством имела пульт управления и измерительную систему, состоящую из измерительного преобразователя и блока измерения. Статическое испытание образцов на сжатие осуществляется путем деформирования образца до разрушения и измерения нагрузки на образце.

Для получения композитов использовали следующую смесь: БПК «Сибтермо» (класс 0 – 3 мм), концентрат ГЖ (смесь углей марок Г и Ж) Кузнецкой ЦОФ также крупностью 0 – 3 мм.

Качественная характеристика БПК приведена в работе [3]. Показатели качества концентрата ГЖ следующие: $A^d = 7,8 \%$; $V^d = 38,1 \%$; $x = 30 \text{ мм}$; $y = 28 \text{ мм}$.

Выбор угля с высокой толщиной пластического слоя был обусловлен как высокой пористостью БПК, так и его громадной реакционной поверхностью (до $500 \text{ м}^2/\text{г}$). Запасы углей этих марок в Кузнецком, Якутском и Улугхемском угольных бассейнах весьма значительны.

Температура нагрева БПК ($T_{\text{пк}}$) была задана на уровне 800°C , что соответствует возможностям технологии «Сибтермо».

При непосредственном контакте твердого теплоносителя с углем нагрев происходит в высокоскоростном режиме, что, как известно из работы [3], приводит к значительному снижению газообразования, увеличению выхода нелетучих жидкоподвижных продуктов, сдвигу основополагающих процессов термической деструкции в область более высоких температур. Последнее необходимо учитывать при задании конечной температуры смешивания относительно стандартных температурных показателей пластического состояния используемого типа угля.

Кроме того, следует иметь в виду, что полукокс будет адсорбировать газообразные и жидкие продукты деструкции, а на его поверхности будет формироваться прочный межфазный

слой [1]. С учетом этого расчетный состав смеси оказался следующим: 70 % БПК + 30 % концентрата ГЖ.

Реактор с навеской (35 г) буроугольного полукокса помещали в шахтную электропечь, где осуществляли ее нагрев до 800°C . По достижении этой температуры в микрореактор засыпали 15 г концентрата ГЖ и осуществляли его перемешивание с полукоксом в течение 30 – 40 с. Скорость нагрева угля составляла $700 - 800^\circ\text{C}/\text{мин}$.

За этот промежуток времени происходило падение температуры смеси с 800°C до 550°C . При этом отмечалось непродолжительное сильное газовыделение в интервале температур от 800°C до 600°C и незначительное газовыделение в интервале температур от 600°C до 550°C . При дальнейшем падении температуры смеси ниже 550°C газовыделение полностью прекращалось. Затем полученную смесь перегружали в предварительно обработанную изнутри графитовой смазкой обогреваемую матрицу (температура матрицы $330 - 360^\circ\text{C}$). На высыпанную смесь сразу же ставили пуансон, и после изотермической выдержки в течение 20 – 30 с матрицу помещали на платформу машины сжатия. Применяемое давление на матрицу составляло 100 кН. Конечная температура смеси при загрузке в матрицу и время, необходимое для получения готовой формовки, составляли соответственно $410 - 430^\circ\text{C}$ и 120 с.

Выданный из матрицы композит (рис. 2) охлаждали в слое песка до температуры окружающей среды. Потеря по массе композита от первоначальной массы смеси (50 г) усредненно составляла 14,0 %.

Полученные композиты (рис. 3) испытывали на прочность согласно ГОСТ 21289 – 75

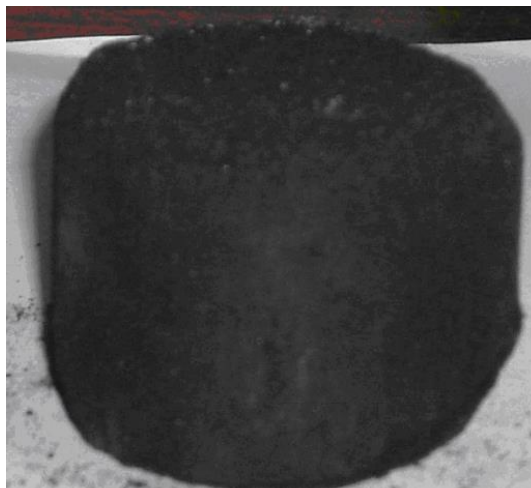


Рис. 2. «Сырой» углерод-углеродный композит



Рис. 3. Термостабилизированный углерод-углеродный композит

«Брикеты угольные. Методы физических испытаний» на машине для испытания на сжатие ИП-6012-1000-1.

Качественная характеристика композитов представляется следующими данными: $A^d = 9,1 \%$; $V^d = 9,2 \%$; прочность на сжатие 850 Н/см^2 .

Представляется возможным получение подобным способом и углеродминеральных композитов в качестве шихтовых материалов, например для металлургических процессов, в том числе при утилизации мелкодисперсных отходов.

Примерная принципиальная технологическая схема получения углеродминеральных композитов может, по нашему мнению, выглядеть так, как показано на рис. 4.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исламов С. Р. Энерготехнологическая переработка угля. – Красноярск: ООО «Поликор», 2009. – 224 с.
2. А.с. № 388609 СССР. Способ получения формованного кокса и углеродистого восстановителя / Школлер М.Б. и др. Бюллетень изобретений 1973. № 4.
3. Школлер М.Б., Дьяков С.Н., Субботин С.П. Современные энерготехнологические процессы глубокой переработки твердых топлив. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2012. – 287 с.

© 2015 г. М.Б. Школлер
Поступила 8 июня 2015 г.

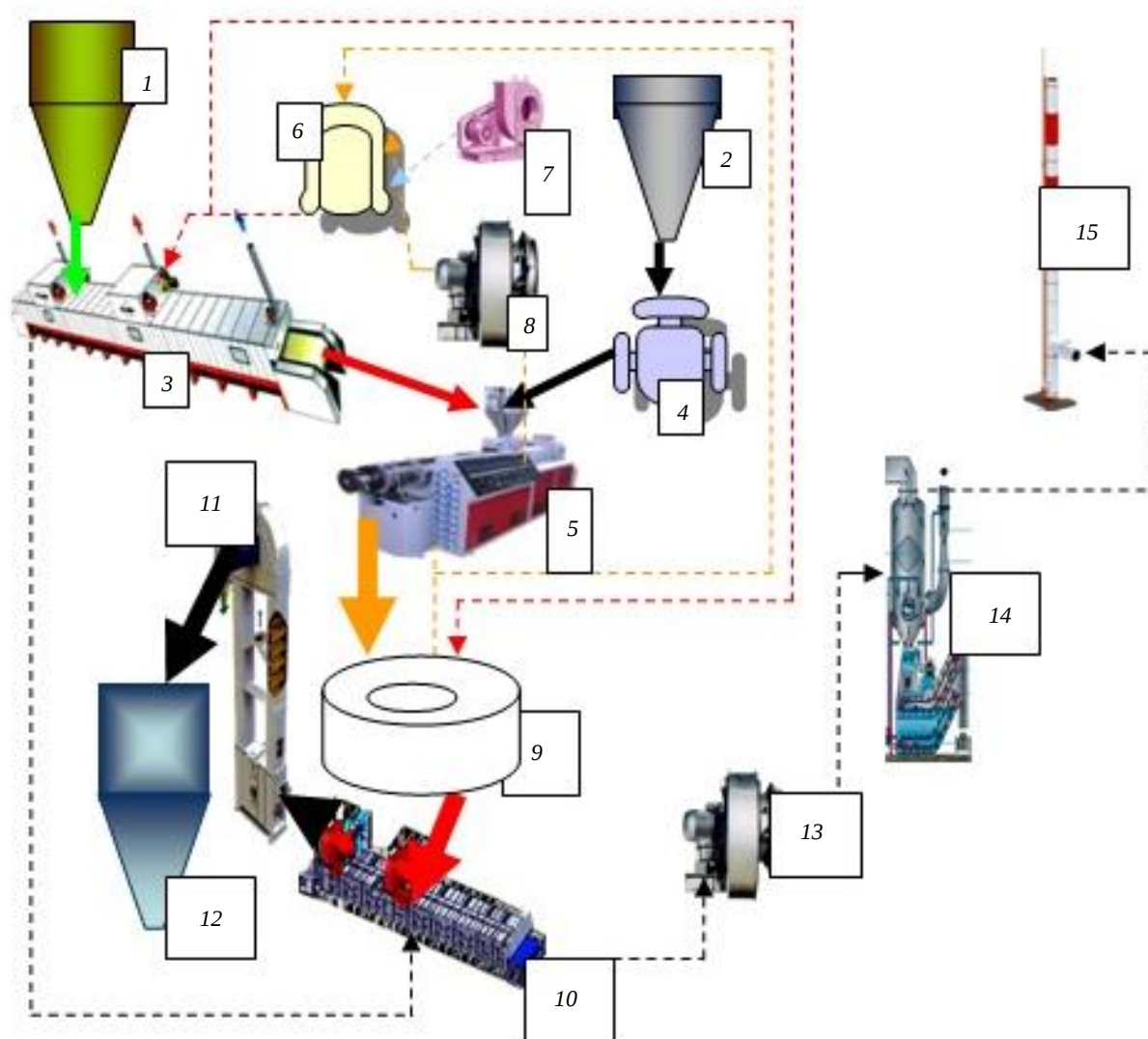


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема получения углерод-минеральных композитов термохимическим способом:

1 – бункер минерального компонента; 2 – бункер коксующегося угля;

3 – устройство для предварительного нагрева минерального компонента; 4 – мельница; 5 – экструдер; 6 – топка;

7 – воздуходувка; 8, 13 – дымососы; 9 – устройство термоупрочнения композитов; 10 – устройство для охлаждения композитов; 11 – элеватор; 12 – бункер композитов; 14 – газоочистка; 15 – дымовая труба