

Изобретение относится к области переработки угля, в частности к получению металлургического среднетемпературного кокса и попутного горючего газа для использования в металлургии.

Известен способ получения среднетемпературного кокса в вертикальной шахтной печи, в которую уголь подается сверху, а кокс выгружается снизу. Переточными рукавами печь разделена на три зоны: верхнюю зону сушки, среднюю зону коксования (пиролиза) и нижнюю зону охлаждения. В зону сушки и коксования подаются горячие дымовые газы из внешнего топочного устройства, а в зону охлаждения - предварительно охлажденный во внешнем теплообменнике газ из зоны коксования. Уголь, двигаясь самотеком сверху вниз, последовательно подвергается нагреву, термическому разложению (коксуванию), охлаждению и тушится водой при выгрузке из печи. Такие печи эксплуатируются в Польше, Австралии, Китае, до недавнего времени действовали в Германии и на Ангарском коксогазовом заводе (Школлер М.Б. Полукоксувание каменных и бурых углей. - Новокузнецк: Инженерная академия России. Кузбас. филиал, 2001, 232 с).

Недостатками данного способа являются: возможность перерабатывать только крупнокусковое (20-80 мм) термически прочное сырье, так как требуется подача большого количества внешнего теплоносителя (горячих дымовых газов) и поэтому необходима хорошая газопроницаемость слоя угля; низкая удельная производительность печи, связанная с необходимостью длительного конвективного нагрева крупных частиц угля горячими газами; экологическая опасность производства из-за поступления в атмосферу большого объема отработанного теплоносителя, содержащего оксид углерода и токсичные продукты термического разложения угля и из-за наличия широкого спектра токсичных веществ в жидких и газообразных продуктах коксования и сточных водах; потребность в воде для тушения кокса, высокая влажность и пониженная структурная прочность получаемого продукта из-за его мокрого тушения.

Наиболее близким к заявляемому способу по достигаемому результату и технической сущности является способ получения углеродного адсорбента в вертикальном аппарате шахтного типа с внутренним обогревом за счет сжигания летучих и части углеродного остатка в слое угля, продуваемом потоком воздуха (патент РФ №2014883, 30.06.1994 г.). Способ предполагает розжиг слоя угля со стороны, противоположной подаче воздуха, в результате которого при определенных параметрах дутья образуется обратная тепловая волна, которая смещается навстречу потоку воздуха. При прохождении тепловой волны через слой уголь последовательно подвергается нагреву, сушке и пиролизу, превращаясь, таким образом, в кокс. Парогазовая смесь продуктов сушки и пиролиза, а также часть кокса реагируют с кислородом воздуха до полного его исчерпания, образуя в пределах тепловой волны узкую зону горения, в которой достигается температура от 750 до 900°C. Далее по ходу движения горячие продукты горения (CO_2 и H_2O) восстанавливаются на коксе до оксида углерода и водорода. Горючий газ отводится из аппарата для последующей переработки и использования. Образующийся после термоокислительной обработки углеродный остаток классифицируется как среднетемпературный кокс. При переработке угля согласно известному способу получаемый продукт имеет большую пористость (свыше 60%) и развитую внутреннюю поверхность, что обеспечивает его высокую сорбционную активность и последующее использование преимущественно в качестве углеродного адсорбента.

Получаемый согласно известному способу продукт, несмотря на близость по химическому составу к металлургическому коксу, высокую реакционную способность и большое удельное электрическое сопротивление, имеет ограниченное применение в металлургии, в первую очередь, из-за невысокой структурной прочности, малой плотности, относительно небольшого размера куска (максимальный - 20 мм, средний - 2-5 мм) и повышенной зольности. Прочность углеродного остатка, а также его плотность существенно снижаются вследствие высокой пористости. Недостатком данного способа также является пониженный удельный выход твердого продукта из-за большой степени обгара исходного углеродсодержащего сырья.

Задача настоящего изобретения состоит в получении твердого продукта, в полной мере отвечающего требованиям к металлургическому коксу, и прежде всего в части структурной прочности, при условии сохранения высокой реакционной способности и удельного электрического сопротивления.

Техническим результатом изобретения является повышение энергоэффективности процесса, увеличение удельного выхода твердого продукта, прочности, плотности и среднего размера куска среднетемпературного кокса, а также снижение его зольности за счет уменьшения степени обгара кокса.

Технический результат достигается за счет укрупнения фракционного состава исходного угля до 70 мм, снижения удельного расхода воздуха до 60-150 м³/(м²·ч) в зависимости от марки угля, а также охлаждения кокса посредством принудительной циркуляции газа по контуру "аппарат - теплообменник" с полезным отбором тепловой энергии.

Для достижения технического результата способ осуществляется следующим образом. В шахтный аппарат через загрузочный люк загружают дробленый уголь фракции 0-70 мм, под газораспределительную решетку внизу шахты подают воздушное дутье с удельным расходом от 60 до 150 м³/(м²·ч) в зависимости от марки угля и поджигают слой угля со стороны, противоположной подаче дутья, с целью образования обратной тепловой волны, которая с постоянной скоростью смещается навстречу потоку воздуха, оставляя за собой слой горячего кокса. Уголь при прохождении тепловой волны последовательно подвергается нагреву, сушке и пиролизу. Горючие продукты пиролиза полностью сгорают в кислороде

воздуха с образованием диоксида углерода и водяного пара, которые затем восстанавливаются на горячей поверхности кокса до оксида углерода и водорода, образуя, таким образом, горючий газ, не содержащий углеводородов ряда выше метана, в том числе конденсируемых смолистых веществ. После достижения тепловой волны уровня газораспределительной решетки процесс завершается. По завершению процесса коксования производится охлаждение (сухое тушение) кокса газом посредством его принудительной циркуляции по контуру "аппарат - теплообменник" с полезным отбором тепловой энергии. Охлажденный кокс выгружается через люк, расположенный внизу аппарата.

В примерах, иллюстрирующих способ, использован аппарат шахтного типа с внутренним диаметром 0,5 м и высотой 1,5 м.

Пример 1.

В качестве сырья использовали уголь фракции 0-70 мм (Шубаркольский уголь марки Д, Казахстан), имеющий следующий технический и элементный состав:

$$W_t^r=12,2\%; C^{daf}=77,9\%;$$

$$A^d=2,4\%; H^{daf}=5,3\%;$$

$$V^{daf}=44\%; N^{daf}=1,2\%;$$

$$Q_t^r=25,7 \text{ МДж/кг}; O^{daf}=15,16\%; S^{daf}=0,44\%.$$

В аппарат загружается 170 кг дробленого угля. Розжиг слоя осуществляется сверху. Воздушное дутье подается снизу. После достижения фронтом горения нижней стороны слоя угля процесс завершается.

Удельный расход воздуха - $120 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Скорость движения фронта горения составила 13,5 см/ч.

Удельный выход кокса - $56 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Выход кокса - 52,2% от массы исходного угля.

Выход горючего газа - $194 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Удельная теплота сгорания сырого газа - 2,8 МДж/м³.

Зольность кокса $A^d=5,2\%$.

Кажущаяся плотность кокса - 0,695 г/м³.

Структурная прочность кокса - 79%.

Реакционная способность по CO₂ при 1000°C - 2,76 см³/г·с.

Удельное электрическое сопротивление - 2,2 Ом·см.

Гранулометрический состав кокса:

более 40 мм - 21%; 20-40 мм - 28%; 5-20 мм - 44%; менее 5 мм - 7%.

Пример 2.

В качестве сырья использовали уголь фракции 0-70 мм (Березовский марки Б2, Канско-Ачинский бассейн), имеющий следующий технический и элементный состав:

$$W_t^r=30\%; C^{daf}=71\%;$$

$$A^d=5\%; H^{daf}=5,0\%;$$

$$V^{daf}=48\%; N^{daf}=0,7\%;$$

$$Q_t^r=22,08 \text{ МДж/кг}; O^{daf}=23\%; S^{daf}=0,3\%.$$

В аппарат загружается 120 кг дробленого угля. Розжиг слоя осуществляется сверху. Воздушное дутье подается снизу. После достижения фронтом горения нижней стороны слоя угля процесс завершается.

Удельный расход воздуха - $67,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Скорость движения фронта горения составила 10,5 см/ч.

Удельный выход кокса - $36,1 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Выход кокса - 35%.

Выход горючего газа - $114 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Удельная теплота сгорания сырого газа - 2,5 МДж/м³.

Зольность кокса $A^d=14,2\%$.

Плотность кокса - 0,53 т/м³.

Структурная прочность кокса - 64%.

Реакционная способность по CO₂ при 1000°C - 7,95 см³/г·с.

Удельное электрическое сопротивление - $1,9 \cdot 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Гранулометрический состав кокса:

более 40 мм - 6%; 20-40 мм - 17%;

5-20 мм - 40%; менее 5 мм - 37%.

Пример 3 (сравнительный).

В качестве сырья использовали уголь фракции 5-20 мм (Березовский марки Б2, Канско-Ачинский бассейн), имеющий следующий технический и элементный состав:

$$W_t^r=30\%; C^{daf}=71\%;$$

$$A^d=5\%; H^{daf}=5,0\%;$$

$$V^{daf}=48\%; N^{daf}=0,7\%;$$

$$Q_t^r=22,08 \text{ МДж/кг}; O^{daf}=23\%; S^{daf}=0,3\%.$$

В аппарат загружается 120 кг дробленого угля. Розжиг слоя осуществляется сверху. Воздушное дутье подается снизу. После достижения фронтом горения нижней стороны слоя угля процесс завершается.

Удельный расход воздуха - $115 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Скорость движения фронта горения составила 9,2 см/ч.

Удельный выход кокса - $27,7 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Выход кокса - 27,4%.

Выход горючего газа - $164 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Удельная теплота сгорания сырого газа - 2,6 МДж/м³.

Зольность кокса $A^d=21\%$.

Плотность кокса - 0,45 т/м³.

Структурная прочность кокса - 46%.

Гранулометрический состав кокса:

5-20 мм - 19%; менее 5 мм - 81%.

Таким образом, предложенный способ позволяет получать кокс, имеющий более высокую прочность и плотность, низкую зольность, более крупный средний размер куска и более высокий удельный выход твердого продукта (см. таблицу).

Параметр	Пример 1	Пример 2	Пример 3 (сравнительный)
Размер фракции угля, мм	0-70	0-70	5-20
Удельный расход воздуха, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	120	67,5	115
Зольность кокса	5,2	14,2	21,0
Структурная прочность кокса, %	79	64	46
Кажущаяся плотность кокса, $\text{г}/\text{см}^3$	0,695	0,53	0,45
Удельный выход кокса, %	52,2	35,0	27,4
Средний размер куска кокса, мм	19,5	9,6	3,2

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ получения металлургического среднетемпературного кокса в аппарате шахтного типа, включающий термоокислительную обработку угля в обратной тепловой волне с температурой 750-900°C, отличающийся тем, что используют уголь фракции 0-70 мм при удельном расходе воздуха 60-150 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ в зависимости от марки угля и производят охлаждение (сухое тушение) кокса газом посредством его принудительной циркуляции по контуру "аппарат - теплообменник" с полезным отбором тепловой энергии.

