

Переработка низкосортных углей в высококалорийное топливо

Целью настоящей статьи является обсуждение возможности использования высококалорийного среднетемпературного кокса (термококса) в качестве высококалорийного компонента смесевых топлив энергетического назначения.

Ключевые слова: бурый уголь, термококк, смесевое топливо, обогащение, термическая переработка.

Контактная информация — e-mail: islamov@sibtermo.ru.

ИСЛАМОВ Сергей Романович

Генеральный директор

Энерготехнологической

компании «Сибтермо»,

доктор техн. наук

сохраняет свою паспортную тепловую мощность, а теплота сгорания твердого продукта — термококса практически вдвое превышает калорийность исходного угля. Перед подачей в котел рядовой уголь обычно дробится до размера < 15-20

мм, а конечный продукт за счет термодробления и истирания в кипящем слое измельчается до фракции 0-5 мм. Для примера сопоставим основные характеристики исходного бурого угля Березовского месторождения и полученного из него термококса:

Характеристики	$W_t, \%$	$A^{dry}, \%$	$V^{daf}, \%$	$Q_r, \text{ ккал/кг}$
Бурый уголь	35	5-7	46-48	3700
Термококк	0,5-1,5	8-10	8-10	около 7000

Проблема вовлечения в коммерческий оборот низкосортных углей и отходов углеобогащения является хрестоматийной задачей угольной промышленности, для которой до настоящего времени не найдено эффективного решения. Ввиду того, что спектр физико-химических свойств этих топлив достаточно широк, в настоящей работе будут рассмотрены только два характерных представителя — бурый уголь и отсев обогащения угля марки Д. При этом основное внимание будет уделено новому концептуальному подходу к решению задачи повышения сортности топлив такого класса. Этот подход опирается на технологию карбонизации углей с высоким выходом летучих веществ и последующее приготовление смесевых топлив на основе высококалорийного среднетемпературного кокса (термококса) [1, 2].

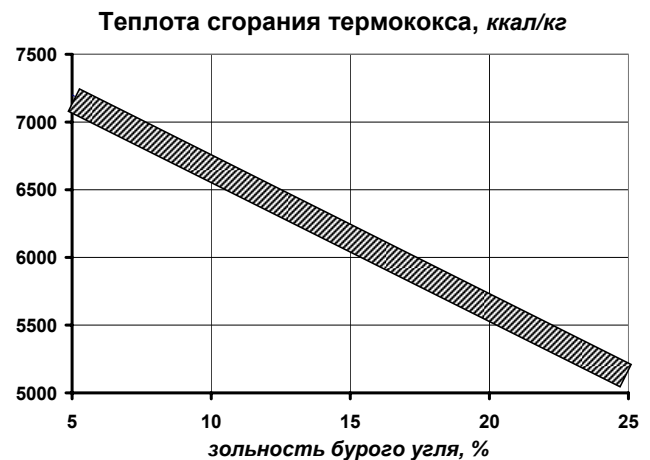
Термическая переработка бурого угля

Главным отрицательным свойством бурого угля считается высокая влажность, поэтому самый популярный способ его обогащения — это сушка с последующим брикетированием. Не отрицая эффективности этой технологии для целого ряда конкретных углей, тем не менее, следует отметить ее недостатки. Повышенная пирофорность брикетов из сушеного бурого угля, а также высокая взрывоопасность сопутствующей крошки и пыли, обусловленные высоким содержанием летучих веществ, резко сокращают радиус транспортировки такого топлива и ограничивают рынок его сбыта. Однако самое важное — это решение не дает значимого повышения потребительской стоимости нового продукта. Совершенно очевидно, что для перехода в класс более высокосортного топлива, кроме влаги необходимо существенно снизить и содержание летучих веществ. Такой продукт при умеренной зольности уже может рассматриваться как аналог более дорогих углей марки СС и Т, а также использоваться в качестве специализированного технологического топлива. Перед ним открываются более обширные сегменты угольного рынка, чем для брикетированного бурого угля.

Глубокая термическая переработка бурого угля, заключающаяся в удалении влаги и значительной части летучих веществ (до уровня $V^{daf}=5-10\%$), обеспечивается путем его частичной газификации (карбонизации) в кипящем слое. Для этой цели используется типовой котел для сжигания твердого топлива, подвергнутый специальной реконструкции [3]. В энерготехнологическом режиме эксплуатации в топочном объеме сгорает преимущественно газовое топливо с низкой концентрацией угольных частиц, а вместо золошлаковых отходов из котла выводится высококалорийный карбонизат. При этом котел

Теплота сгорания термококса главным образом зависит от его зольности, поскольку после высокотемпературной обработки (750-800°C) он практически не содержит влаги. В свою очередь зольность кокса однозначно определяется зольностью исходного угля, так как вся его минеральная часть остается в коксе (см. рисунок).

Буроугольный кокс отличается исключительно высокой реакционной способностью, поэтому по теплотехническим характеристикам его нельзя сопоставлять с натуральными углями, опираясь только на результаты технического анализа и прежде всего на содержание летучих веществ. В 1970-х гг. в институте ЭНИН были выполнены обширные исследования по сжиганию кокса из бородинского бурого угля. Эксперименты с частицами размером 50-700 мкм показали, что при одинаковых условиях коксовые частицы воспламеняются на 15-20% позже, чем частицы исходного бурого угля. Однако полное выгорание коксовых частиц происходит в 1,5 раза быстрее, чем угольных. Таким образом, при формальном соответствии по уровню V^{daf} классу тощих углей термококк имеет теплотехнические свойства углей класса СС. Его высокая калорийность и сокращенный период выделения теплоты сгорания обуславливают достижение бо-



Зависимость теплоты сгорания термококса от зольности бурого угля

лее высокой температуры горения в действующих топочных устройствах — до 2000-2200°C при подогреве дутьевого воздуха до 300°C. Кстати, эта специфическая особенность бурого угля позволяет считать его высокоэффективным топливом для сжигания в горне доменной печи (технология PCI), что было убедительно доказано промышленными испытаниями на Западно-Сибирском металлургическом комбинате в 1970-х гг. В брикетированном виде термококк является высокоэффективным заменителем классического кокса в целом ряде электрометаллургических технологий. В частности, в конце 2011 г. это было успешно продемонстрировано в приложении к ферросплавному производству. Вопросам использования термококка как специализированного металлургического топлива и углеродного восстановителя значительное место уделено в монографии [2]. Однако целью настоящей статьи является обсуждение возможности использования этого продукта в качестве высококалорийного компонента смесевых топлив энергетического назначения.

Несколько слов следует уделить экономической оценке производства термококка. Так для березовского бурого угля тепловой баланс энерготехнологического котла выглядит следующим образом. Подача угля в котел увеличивается примерно в два раза. При этом сжигание летучих веществ и пылевого уноса из кипящего слоя обеспечивает паспортную производительность котла по горячей воде или пару. Чуть более половины тепловой энергии, содержащейся в исходном угле (55 %), превращается в теплоту сгорания кокса. Таким образом, с учетом того, что реализация основного продукта — тепловой энергии полностью компенсирует все операционные затраты производства, себестоимость термококка не превышает стоимости двух тонн исходного бурого угля.

Технология ТЕРМОКОКС-КС запатентована в России и во многих зарубежных странах. Она прошла четырехлетнюю стадию опытно-промышленной апробации. В настоящее время по итогам международного тендера в г. Улан-Батор ведется реконструкция ТЭЦ-2 с целью параллельного производства бурого угля в котлах с кипящим слоем. Полученный продукт будет брикетироваться для производства 210 тыс. т в год бездымного бытового топлива. Срок сдачи объекта — декабрь 2012 г.

Термическая переработка обогащаемых топлив

Аппараты с кипящим слоем достаточно давно применяют для сепарации зернистых материалов и, в частности, для обогащения углей, содержащих пустую породу в виде механической примеси. Этот же эффект имеет место и при термической переработке в кипящем слое обогащаемого угля или отсева обогащения. Таким образом, в одном аппарате совмещаются два технологических процесса — карбонизация и удаление пустой породы, что значительно повышает экономическую эффективность переработки угля.

В качестве конкретного примера приведем результаты, полученные при карбонизации в кипящем слое бурого угля Б2 (Монгольская Республика), который допускает гравитационное обогащение.

Характеристики	$W_t^r, \%$	$A^{dry}, \%$	$V^{daf}, \%$	$Q_t^r, \text{ ккал/кг}$
Бурый уголь	36,5	12,6	44	3550
Термококк	1,3	12,7	9,6	6680

Согласно балансовым расчетам при получении карбонизата с остаточным содержанием летучих на уровне 10 % его зольность должна составлять примерно 19 %. Однако при переработке в кипящем слое за счет обогащения зольность термококка снизилась до уровня исходного угля, и это позволило обеспечить его высокую калорийность.

Значительный интерес представляет термическая переработка отсева обогащения длиннопламенного угля. Из-

вестно, что проблема эффективного использования такого рода отходов является достаточно острой для подавляющего большинства обогатительных фабрик. Ниже приведены результаты термической переработки с одновременным обогащением отсева длиннопламенного угля Черногорского месторождения.

Характеристики	$W_t^r, \%$	$A^{dry}, \%$	$V^{daf}, \%$	$Q_t^r, \text{ ккал/кг}$
Отсев угля марки Д, фракция 0-13 мм	14	23	40	4080
Термококк	0,4	12,2	4,4	6990

В этом случае также получен высококалорийный продукт, для которого открываются совершенно новые сферы использования. Безусловно, по этой же технологии можно перерабатывать и рядовые угли марок Д, ДГ.

Смесевое топливо на основе термококка

Многие зарубежные страны уже достаточно далеко продвинулись в области производства стандартизированных твердых топлив для самых различных приложений. Речь идет о приготовлении смесевых топлив с заранее заданными теплотехническими характеристиками. К сожалению, в России это направление пока не получило должного развития. Хотя, по нашему мнению, только с помощью этой технологии возможно радикальное расширение сферы использования низкосортных углей.

Предлагаемый нами подход основан на использовании в качестве базового компонента смесевого топлива высококалорийного термококка, полученного в результате карбонизации низкосортных топлив в кипящем слое. Его теплота сгорания может варьироваться в пределах от 6000 до 7000 ккал/кг в зависимости от зольности. В качестве второго компонента может быть использован даже рядовой бурый уголь. Интересно отметить, что при этом за счет высокой сорбционной активности термококка происходит выравнивание влажности смесевого топлива. Впервые на этот эффект обратил внимание профессор М. Б. Школлер, который и предложил идею приготовления смесевого топлива на основе бурого угля и термококка [4]. В качестве примера приведем характеристику топлива, полученного путем смешения 60 % термококка и 40 % рядового бурого угля.

Характеристики	$W_t^r, \%$	$A^{dry}, \%$	$V^{daf}, \%$	$Q_t^r, \text{ ккал/кг}$
Бурый уголь	33-35	6-7	48	3600-3750
Термококк	0,5-2	12	8-10	6700-7000
Смесевое топливо	13-15	8-10	17-20	5700-5800

В частности, оно рекомендуется для сжигания в печах обжига цементного клинкера.

Более эффективным решением является введение в смесь подсушенного бурого угля. В качестве сушильного агента можно использовать отходящие дымовые газы от котла с кипящим слоем, в котором производится карбонизация исходного угля. В этом случае можно существенно сократить долю термококка и, соответственно, снизить себестоимость смесевого топлива.

Отдельной задачей является транспортировка смесевого топлива, имея в виду его сравнительно мелкий гранулометрический состав, пониженную насыпную плотность и умеренную влажность. С учетом этих условий желательно транспортировать и хранить его в закрытом виде. В схемах внутризаводского транспортирования предпочтителен пневмотранспорт, а также закрытые спиральные конвейеры, исключающие необходимость использования аспирационных устройств.

Для перевозки мелкозернистого топлива на дальние расстояния за границей широко используют автомобили-пылевозы. Однако для России основным видом транспорта остается железная дорога, которая предоставляет целый ряд специ-

альных герметичных вагонов для перевозки мелкозернистой продукции. Наиболее простым и экономичным решением является использование полимерных мягких контейнеров (типа «биг-бэг»), которые можно перевозить как автомобильным транспортом, так в открытых полувагонах. Они имеют емкость от 1 м³ (серия МКР) до 12-13 м³ (серия МК-14-10). Кроме того, в настоящее время изготавливаются мягкие специализированные контейнеры для полувагонов (марка МКР-СПВ) с размерами 290x1300x190 см. Контейнер такого размера выполняет функцию своеобразного вкладыша в полувагон. После загрузки сыпучего материала он герметично закрывается верхним клапаном. Безусловно, все мягкие контейнеры являются одноразовыми.

И, наконец, традиционное решение проблемы — это брикетирование смеси. В отдельных случаях может потребоваться введение гидрофобизирующей добавки для обеспечения водостойкости брикета. Безусловно, дополнительная операция приведет к увеличению себестоимости продукта, однако, тем

не менее, экономическая эффективность производства высококалорийного смесового топлива останется на достаточно высоком уровне, значительно превышающем эффективность классической схемы брикетирования бурого угля.

Список литературы

1. *Исламов С. Р.* О новой парадигме использования угля // Уголь Кузбасса. — 2010. — № 7-8. — С. 86-88.
2. *Исламов С. Р.* Энерготехнологическая переработка углей: монография // Красноярск: «Поликор», 2010. — 224 с.
3. *Логинов Д. А., Исламов С. Р.* Развитие технологии комбинированного использования угля в котлах с кипящим слоем // Промышленная энергетика. — 2011. — № 4. — С. 12-14.
4. *Патент 2320700 РФ.* МПК С10В 57/06. Способ получения пылеугольного топлива и установка для осуществления способа / М. Б. Школлер, С. Г. Степанов, С. Р. Исламов (РФ). — № 2007102470/04; Заявлено 22.01.2007; Оpubл. 27.03.2008, Бюл. 9.