

УДК 662.749.735

## **ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ИГОЛЬЧАТОГО КОКСА ИЗ КУЗНЕЦКИХ УГЛЕЙ**

Ю.Е. Прошунин, д.т.н., директор  
Общество с ограниченной ответственностью «Энергоресурс»  
М.Б. Школлер, д.т.н., профессор  
Сибирский государственный индустриальный университет  
А.Е. Базегский, ведущий инженер  
Открытое акционерное общество "ЕВРАЗ Объединенный ЗСМК"  
г. Новокузнецк

В России не производится нефтяной кокс с содержанием серы менее одного процента для производства электродной продукции, нефтяной кокс с анизотропной структурой (игольчатый кокс), из которого изготавливаются электроды высших сортов для электросталеплавильной промышленности, а также в достаточном количестве электродный нефтяной кокс для производства алюминия. Суммарно более одного миллиона тонн указанных продуктов приходится импортировать [1, 2].

Для изготовления электроугольных изделий и огнеупорных масс, работающих при высоких температурах и в режиме «нагрев-охлаждение» требуется особого вида жидкое связующее нефтяного или угольного происхождения, обладающее мезогенными свойствами, то есть способностью при нагреве до 600<sup>0</sup>С образовывать сферулы с правильной ориентацией. Каменноугольное сырье в данном случае является более предпочтительным по сравнению с нефтяным из-за низкой сернистости. Электроды из игольчатого кокса на основе анизотропного малосернистого каменноугольного пека, обладающего низким коэффициентом термического расширения и высокой электрической проводимостью, характеризуются более низким показателем растрескивания и пониженным расходом графита.

Получение каменноугольного сырья из пека коксования для производства игольчатого кокса освоено в Японии и Германии. Пек, выход которого из тонны коксующегося угля составляет около 2%, подвергается очень сложной и дорогостоящей обработке, и только тогда приобретает определенный потенциал мезогенности. Между тем, пластическая масса коксующихся углей изначально располагает подобным потенциалом, который при коксовании трансформируется в прочное тело кристаллита доменного кокса.

По нашему мнению, наиболее целесообразным путем решения проблемы дефицита пека представляется создание альтернативного коксохимическому способа производства каменноугольного связующего с заданными свойствами. Основой такого способа может служить процесс термического

растворения углей, а наиболее благоприятным сырьем – хорошо спекающиеся каменные угли Кузнецкого и Улуг-Хемского бассейнов.

В литературе практически нет сведений об исследованиях, где рассматриваются вопросы термического растворения коксующихся углей. Это объясняется тем, что эти угли всегда предназначались только для получения доменного кокса. В настоящее время производство и потребление кокса в черной металлургии значительно сократилось. Вместе с тем потребность в связующих для получения высококачественных термостойких изделий существенно возросла. Можно предположить, что дефицит каменноугольных связующих, получаемых при производстве кокса, будет возрастать, так как использование пылеугольного топлива в доменных печах будет неизбежно сопровождаться снижением производства кокса [2, 3]. Кроме того, тенденция перехода на производство кокса без улавливания химических продуктов в мире очевидна.

Главными условиями получения кокса, обладающего игольчатой структурой, являются целенаправленный выбор сырья и технологии его подготовки. Разработан принципиально новый процесс получения исходного материала для производства игольчатого кокса путем использования мягкого термического растворения (в интервале температур 290-320<sup>0</sup>С, при давлении 0,2-0,3 МПа) в водорододонорном растворителе, в качестве которого использованы фракции каменноугольной смолы, обладающие *n*-донорными свойствами. Это позволяет получить мезофазный, высокоарматичный и низкосернистый продукт, в котором естественно отсутствуют вещества, нерастворимые в хинолине, подобные вынесенным из камеры коксования, что способствует формированию анизотропной структуры электродного кокса при карбонизации и графитизации пекоподобного продукта в процессе прокаливания.

Экспериментальная часть исследований выполнена на специально созданной лабораторной установке с оборудованием для тонкого помола угля (0-80 мкм), приготовления органо-угольной пасты, обогреваемым реактором, снабженным мешалкой и обогревательной печью. В качестве сырья использовали концентраты коксующихся углей марок Г, ГЖ, Ж и ОС ( $R_0 = 0,70-1,29\%$ ,  $V^{daf} = 15-36\%$ ,  $y = 8-24$  мм), который после помола смешивали с определенной частью растворителя – продуктами дистилляции смолы коксования и каталитической добавкой (1,5-4,5% от массы угля). Приготовленную таким образом пасту помещали в реактор, добавляли остальную часть растворителя и осуществляли процесс в течение 10-30 мин при температуре 210-350<sup>0</sup>С под регулируемым давлением выделяющихся летучих веществ.

В ходе проведения экспериментальных работ установлен благоприятный уровень таких технологических параметров термического растворения коксующихся углей, как температура и время контакта с растворителем в реакторе. Выполненные исследования показали, что выход пекоподобного про-

дукта составляет 85-88%, температура размягчения продукта - 139-144<sup>0</sup>С, содержание веществ, нерастворимых в хинолине 12,4-13,0%, выход летучих веществ 60-62%. Эффективное воздействие использованного растворителя объясняется [4] присутствием в его составе заметных количеств таких доноров водорода, как аценафтен, дигидроантрацен и других гидроароматических соединений, а также веществ с подвижным атомом водорода: флуорена, карбазола, флуорантена.

Как и следовало ожидать, максимальный выход жидкой массы был достигнут при использовании концентрата угля марки ГЖ+Ж, имеющего большую толщину пластического слоя. Рентгеноструктурный анализ продуктов растворения и пека показал, что продукт растворения угля этих марок обладает, к тому же, наилучшими параметрами структуры. Весьма примечательным представляется и тот факт, что при примерно одинаковом уровне температур размягчения пека и продукта растворения угля марки ГЖ+Ж содержание в последнем веществ, нерастворимых в хинолине, ниже, более, чем в 2,5 раза.

Применение продукта в качестве связующего при изготовлении образцов доменной леточной массы позволило повысить их прочность в 2,5-3,0 раза по сравнению с использованием высокотемпературного пека [3]. Значительно меньшему изменению подверглись при обжиге и геометрические размеры образцов, полученных с использованием заменителя пека [3].

В настоящее время выполнен комплекс научных исследований, предварительно проработана технологическая схема процессов мягкого термического растворения угля с целью получения специального связующего и дальнейшего коксования его для получения термостойких изделий повышенной прочности (игольчатого кокса), подготовлены технико-экономическое обоснование эффективности реализации проекта и соответствующий бизнес-план, достигнута предварительная договоренность с проектными организациями.

На рисунке приведена технологическая схема термического растворения углей [2]. Коксующиеся угли марок ГЖ или Ж загружаются в бункер 1, откуда уголь ленточным транспортером доставляется в мельницу – сушилку 5, где происходит его дробление до крупности 0-80 мкм и сушка до 2-5% остаточной влажности. После осаждения в циклоне 2 и улавливания в рукавном фильтре 3 угольная пыль поступает в бункер сухой пыли 10.

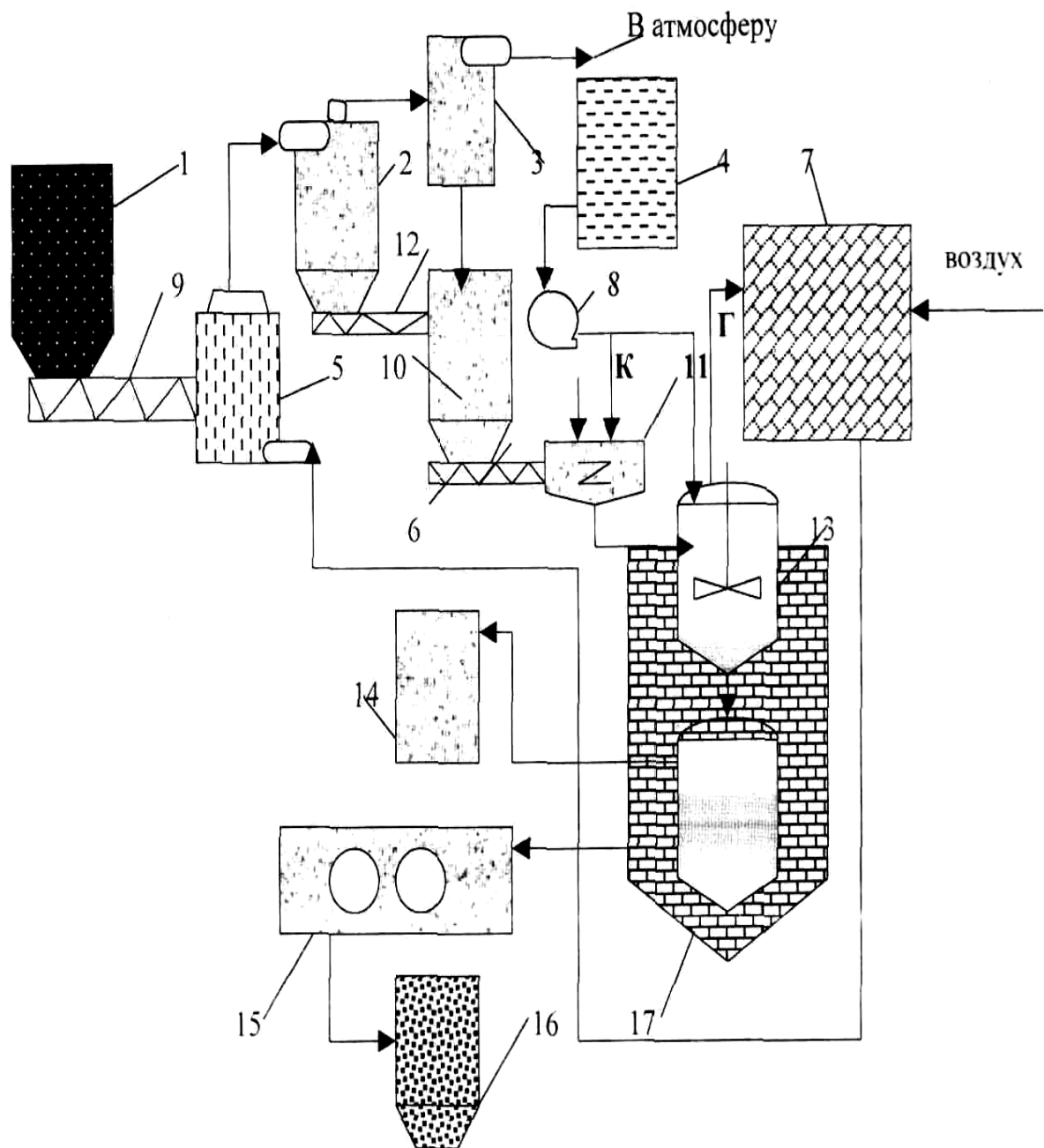


Рис. Принципиальная схема процесса термического растворения углей.  
1 - бункер исходного угля; 2 - циклон сухой пыли; 3 - рукавный фильтр; 4 - емкость с растворителем; 5 - мельница - сушилка; 6, 12 - питатели сухой пыли; 7 - топка; 8 - насос; 9 - питатель исходного угля; 10 - бункер сухой пыли; 11 - обогреваемый смеситель; 13 - реактор с центрифугой; 14 - хранилище пека; 15 - пресс для брикетирования шлама; 16 - склад брикетов; 17 - обогреватель реактора с центрифугой.

В обогреваемый смеситель 11 из бункера сухой пыли 10 поступает необходимое для проведения процесса количество пыли, которая смешивается с поступающим из емкости 4 определенным количеством растворителя – антраценовой фракции. Полученная паста направляется в реактор 13, где при перемешивании и заданных технологических параметрах получается жидкоподвижный пекоподобный продукт. После завершения процесса жидкоподвижная масса перетекает в обогреваемый центробежный сепаратор - центрифугу, где происходит ее разделение на готовый продукт, направляемый в хранилище 14, и шлам, поступающий на установку брикетирования. Получаемые в результате пиролиза газы служат топливом для топки 7, обеспечивающей теплом реактор с центрифугой, смеситель и мельницу-сушилку.

Приведенная технологическая схема должна быть дополнена цехом производства игольчатого кокса, а также установкой по производству углепечковых брикетов для использования в отопительных системах. Технология производства углепечковых брикетов достаточно хорошо проработана многими исследователями и принципиальных трудностей при ее внедрении не возникает. Имеется стандартное оборудование требуемой производительности.

Игольчатый кокс может быть получен тремя различными способами, каждый из которых детально отработан в промышленных условиях, имеется стандартное оборудование. Это, во-первых, процесс коксования в динасовых камерных регенеративных печах конструкции Гипрококса, во-вторых, в отечественных установках замедленного коксования и, в-третьих, в зарубежных установках замедленного коксования, в первую очередь производства США, перерабатывающих более 130 млн. тонн продукта в год. Окончательный выбор варианта может быть сделан при разработке бизнес-плана для конкретного инвестора.

При получении игольчатого кокса из пекоподобного продукта возможно использование процесса коксования в динасовых камерных регенеративных печах конструкции Гипрококса с комплексом необходимых приспособлений для загрузки и коксования сырья, выдачи игольчатого кокса, его тушения и сортировки. Основные размеры камер коксования: длина 13120 мм, высота 3000 мм, ширина 450 мм. Температура в контрольных вертикальных каналах с машинной стороны поддерживается на уровне 1220-1310°C, с коксовой – 1260-1340 °C. Загрузка сырья (18,0-19,5 т) осуществляется через одно или два загрузочных отверстия с дифференцированной скоростью, подобранной таким образом, чтобы в камере поддерживалось минимальное количество жидкой фазы. Период загрузки – 5-6 часов.

Пожалуй, наиболее перспективным является получение игольчатого кокса на установке замедленного коксования. В процессе производства будет также получена другая ликвидная продукция с высокой добавленной стоимо-

стью: бензин, дизельное топливо, мазут, газы, выделяющиеся в процессах получения каменноугольного пека и игольчатого кокса [1].

В таблице приведен экспериментально полученный баланс процесса получения кокса из остатка гидросжижения энергетических углей (при давлении 0,1 МПа) [1]. При использовании получаемого в процессе термического растворения коксующихся углей богатой ароматическими структурами антраценовой фракцией каменноугольной смолы пека, вместо остатка гидросжижения энергетических углей, выход игольчатого кокса должен существенно возрасти, по-видимому, до 35-40%. Однако, баланс процессов должен быть уточнен для конкретных материалов.

Таблица - Баланс процесса получения кокса из остатка гидросжижения энергетических углей марки Г

Наименование	Игольчатый кокс	Мазут	Дизельное топливо	Бензин	Газ
Выход, %	25,8	14,1	36,6	14,7	8,9

Исследование процессов термического растворения конкретных углей, оценка технологических свойств полученного пекоподобного продукта, кокса, жидких и газообразных продуктов коксования, составление материального баланса, проектирование установок термического растворения углей, коксования пекоподобного продукта, производства углепековых брикетов, разгрузки и подготовки сырья и отгрузки готовой продукции может быть осуществлено ОАО «Восточный углехимический научно-исследовательский институт» и ООО «Алитер-Акси».

По мнению авторов можно считать целесообразным организацию в Кузбассе производства 250 тыс. тонн в год пекоподобного продукта и примерно 70-80 тыс. тонн в год игольчатого кокса на его основе. Для этого по предварительным расчетам потребуется около 150 тыс. т концентратов углей марок Ж и К, а также около 150 тыс. т год фракций каменноугольной смолы, получаемых на КХП Кузбасса и ОАО «Алтай-кокс». Внедрение данного проекта позволит организовать в Кузбассе производство высококачественного игольчатого кокса в количестве, практически достаточном для обеспечения потребностей РФ на сумму ориентировочно 100 млн. долл. США. Возможна реализация части продукции на мировом рынке. В процессе производства будет также получена другая ликвидная продукция с высокой добавленной стоимостью: бензин, дизельное топливо, мазут, газы, выделяющиеся в процессах получения каменноугольного пека (по калорийности весьма близкие к при-

родному). Помимо этого, будет организовано 300-350 новых высокооплачиваемых рабочих мест.

### **Список литературы:**

1. Хухрин Е.А. Опыт использования остатков гидроожижения углей в производстве электродного кокса / Е.А. Хухрин, И.В. Ризванов, Запорин В.Л. и др. // Совершенствование процессов нефтеперерабатывающего комплекса. Материалы международной научно – практической конференции «Санкт-Петербург-2008» : Сб. научных статей – 2007. – С. 135 – 142.
2. Школлер М.Б. О производстве специальных каменноугольных связующих / М.Б. Школлер, Ю.Е. Прошунин // Кокс и химия. – 2008. – №1. – С. 12 – 15.
3. Школлер М.Б. Сырьевая база производства пылеугольного топлива для вдувания в горн доменных печей. / М.Б. Школлер, Ю.Е. Прошунин, С.Г. Степанов, С.Р. Исламов // Пылеугольное топливо – альтернатива природному газу при выплавке чугуна. Труды Международной научно-технич. конф. 18-21 декабря 2006. – Донецк, 2006. – С. 144 – 151.
4. Русьянова Н.Д. Угলেখимия / Н.Д. Русьянова. – М: Наука, 2000. – 316 с.