

М.: ООО "Геоинформцентр", 2003. - 604 с.

2. Нифантов Б.Ф., Потапов В.П., Митина Н.В. Геохимия и оценка ресурсов редкоземельных и радиоактивных элементов в кузнецких углях. Перспективы переработки. - Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. 104 с.

Авторы статьи:

Нифантов Борис Фёдорович - канд. геол.-минер. наук, ст. науч. сотр. Института угля и угле- химии СО РАН (ИУУ СО РАН)	Заостровский Анатолий Николаевич - канд. техн. наук, ст. науч. сотр. ИУУ СО РАН, доц. каф. химической технологии твёрдого топлива и эко- логии
--	---

УДК 662.74:552.57

Х.А.Исхаков , Е.Л.Счастливцев

О ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЕЙ

«Нет повода видеть где-нибудь грани познания и обладания веществом»

Д. Менделеев

«Ископаемые угли могут и должны явиться тем универсальным сырьем, из которого химическая промышленность получит любой материал, какой только потребует человек»

Г. Стадников

В недрах инженеров горного корпуса Кузбасса в начале нового века появился удивительно емкий термин - глубокая переработка углей. Но разве до этого не было глубокой переработки углей? Да весь ХХ век промышленно-развитые страны занимались именно глубокой переработкой углей в конкретных его воплощениях.

Рассмотрим принципиальные вопросы, относящиеся, в частности, к сжиганию, обогащению, коксованию, полукукованию и газификации углей, чтобы показать несостоятельность термина «глубокая переработка углей».

Сжигание углей. В котельных агрегатах электростанций каменный уголь измельчают до 30-50 мкм и сжигают в пылевоздушных факелях, в ядре которого температура достигает 1500-1600⁰С, куда еще глубже и зачем? Косвенным путем через посредство механической энергии уголь дает электрический ток. Другое дело - как добиться более эффективного сжигания при относительно низких температурах (800-1000⁰С) с более высоким использованием потенциала угля, его энталпии, в том числе эффективного использования физического тепла продуктов сгорания- дымовых газов, золы и шлака. Высокотемпературные процессы трудноуправляемы и понятно, что здесь каждый шаг дается не просто, однако с ощущимой отдачей, в том числе и экологического плана.

В энергетике забот много. Казалось бы простое дело - налипание угольной мелочи на стенки приемных бункеров, однако сколько хлопот оно доставляет в отделении углеподготовки, без кувалды не обойдешься. Угольная мелочь, особенно ее частицы менее 1 мм, совместно с влагой соз-

дают систему, по свойствам близкую к коллоидной, возникают явления адгезии - прилипания частиц друг к другу и к стенкам бункеров. Как бороться с этим явлением? Прежде всего, обратиться к специальной литературе, рекомендованной в монографии [7].

Постоянного изучения в теплоэнергетике требует коррозия и зашлаковывание поверхностей нагрева в котлоагрегатах, водоподготовка и особенно проблема золы.

Весь ХХ век прошел в битве за использование золы, а также за многочисленные лабораторные попытки выделения из золы металлов, редких и рассеянных элементов. Исследователи с единодушным энтузиазмом утверждают, что стоимость находящихся в тонне угля редких и рассеянных элементов, а также, будем говорить, обычных металлов как Al, Fe, Cr и др. превышает стоимость самой тонны угля. Безусловно, это так, но где рентабельная технология выделения хотя бы из более концентрированного продукта из золы? Это очень большая и трудная проблема, интересующиеся могут воспользоваться полезными сведениями в соответствующих изданиях [1-4].

Обогащение углей. Как и любая технология, обогащение углей требует постоянного совершенствования, технического развития. Наряду с почти столетней практикой обогащения углей для коксования, в настоящее время началось обогащение энергетических углей, производство сверхчистых угольных концентратов. Угли по своим свойствам весьма разнообразны - даже один и тот же угольный пласт изменяет свои свойства по простиранию и в собственной стратиграфической колонке.

Изменяется и характер вмещающих пород, включая породные прослои. Однако в принципе можно говорить о некоторых относительно постоянных свойствах углей данного месторождения и даже бассейна.

Например, угли Подмосковного бассейна отличаются повышенным содержанием серы до 10% и без предварительного обогащения для энергетического потребления не годятся, в то же время в бурых углях Канско-Ачинского бассейна содержание серы редко превышает 1%, в основном оставаясь на уровне 0,4-0,8%. Угли Карагандинского бассейна характерны наличием трудноразделимых сростков породы и органической массы, вследствие чего выход концентратов практически не превышает 51-52%. Угли Кизеловского бассейна в основном представлены высокозольными и высокосернистыми дюренами и являются исключительно труднообогатимыми. В любых месторождениях дюренены отличаются наличием тонко распределенной минеральной массы глинистой природы, избавиться от которой практически невозможно. Поэтому говорить о глубоком обогащении углей можно только имея в виду конкретные угли данного месторождения, да и то обогащать ниже 7-8% не имеет смысла как для коксующихся, так и энергетических углей: глубже обогащать – значит тоньше дробить, а это влечет за собой образование большого количества аэрозолей и водных суспензий, то есть значительно повышаются затраты на создание нормальной экологической обстановки.

Другое дело, когда обогащение производится с целью получения сверхчистых угольных концентратов, в которых зольность не должна превышать 1%, а в некоторых случаях значительно менее. В настоящее время в электротермических процессах этому требованию удовлетворяют нефтяной и пековый коксы, однако в недалеком будущем в связи с истощением нефтяных запасов и нехваткой коксохимического пека встанет проблема глубокого обогащения углей вплоть до обработки минеральными кислотами. Подробности этих способов и результаты исследований вплоть до промышленных испытаний и практически осуществленных технологий изложены в подборках [5,6].

Как и любая технология - технология обогащения будет развиваться в связи с требованиями производства новых углеродных материалов, а также проблемами экологии.

Коксование углей. В данной области переработки углей более полувека назад предпринятые исследования, главным образом в Институте горючих ископаемых АН СССР, по непрерывному коксованию не принесли ожидаемых успехов, так как не были востребованы промышленностью, которая пошла по пути усовершенствования исторически сложившегося в мировой практике периодического коксования в вертикальных камерных печах. Объясняется это возросшими требова-

ниями к качеству кокса со стороны металлургии, где полезная емкость доменных печей достигла 5 тыс м³. Технологии непрерывного коксования новым требованиям не отвечали по весьма простой причине - принципы непрерывных коксования были заимствованы из технологий полуококсования - области, не имеющей отношения к производству чугуна.

Если рассматривать производство кокса не с позиции одной коксовой камеры, а коксовых батарей, то оно в самом деле непрерывно. Технология коксования развивается по многим направлениям с учетом экологических требований и технического оформления как отдельных печей, так и батареи в целом, а также совершенствования технологии подготовки угольной шихты и состояния химического крыла и производства в перспективе широкой гаммы химической продукции.

Что касается термина «глубокая переработка», то к коксованию оно не применимо: в самих камерах температура 950°C, а в обогревательных простенках 1475 °C, повышать температуры нет нужды, «глубина» достигнута еще 100 лет назад, дело в постоянном развитии технологии, здесь интересы инженерной мысли беспредельны: даже велосипед, на который постоянно киваю, пусть не так стремительно, но ощутимо развивается, а коксохимическое производство как отрасль тяжелой промышленности без развития вообще не может существовать.

Полуококсование углей. Этой отрасли химической технологии возраст без малого 200 лет. Началась она еще во времена, когда ни природный газ, ни нефть в промышленных масштабах не добывали, металлургия сидела на древесном угле, а для уличного освещения в городах очень удобным оказался газ, в те времена он так и назывался – светильный газ. Полуококсование особенно было развито вплоть до второй мировой войны в Западной Европе, печи и технологии полуококсования были разнообразны [8,9], однако наиболее удачно себя зарекомендовали печи системы Лурги, с некоторыми видоизменениями долгое время использовавшиеся в Лауххамере на базе землистых бурых углей [10].

Нефть и природный газ частично вытеснили полуококсование, однако уже в сравнительно недалеком будущем полуококсование вновь будет затребовано особенно для переработки бурых углей.

В Кемеровской области привлекают внимание огромные запасы бурых углей; это западное крыло огромного Канско-Ачинского бассейна, в пределах Кемеровской области сосредоточено 68 млрд.т. с географическим центром в г. Мариинске. Пожалуй, будет справедливо эту громадную залежь углей назвать Мариинским бассейном - перспективой для развития энергетики и химической промышленности. Наиболее целесообразно преступить к комплексной разработке Северо-Судженского месторождения (9 млрд.т.), так как

оно начинается всего в 12 км от Анжеро-Судженска, следовательно, жилье и прочее не надо строить на месте тайги и болот.

В связи с технологией полуококсования обратим внимание на термин «мягкий пиролиз». Желание некоторых исследователей обратить внимание на себя и свои работы приводит к употреблению терминов, не характерных в историческом плане развития как химии вообще, так и углехимии в частности [11]. Для органических веществ в некоторых случаях температуры выше 100 °C уже являются чувствительными; это характерно для процессов в лесохимии [12] и в основном органическом синтезе [13,14]. Термин «мягкий пиролиз» применим к взаимодействию углей с органическими растворителями при температурах 250–350 °C, когда удается в состояние раствора перевести до 90% органической массы каменных углей типа газовых [15].

В непосредственной связи с полуококсованиею стоит *технология газификации углей*, временно приостановленной в связи с первенством нефти и природного газа. Еще в недавнем прошлом синтез газа получили газификацией угля, полуоккса и кокса по реакции $C + H_2O = CO + H_2-q$. Несмотря на кажущуюся простоту реакции, осуществление ее является довольно сложной технологией и к.п.д. использования органической массы топлива обычно не превышает 60%.

Существует ли в России проблема газификации угля? Да, существует, особенно если учесть сверхинтенсивную добычу природного газа и нефти; у нас добываются сотни миллионов тонн нефти и млрд. м³ газа и половина добытого идет за кордон, не сказать, что по высокой цене, т.к. нефть - это сырье, колониальный товар. Намного ли хватит российской нефти и газа? Мнения на этот счет разные - от 10 до 50 лет.

Разумеется, через 10 лет добыча нефти и газа не прекратится, однако неудобства начнут ощущаться. Даже если взять крайнюю цифру - 50 лет, то это не так уж много, тем более, что на разработку новых технологий уходят десятки лет. При этом необходимо отметить, что любые новые технологии разрабатываются на базе существующих, иначе и быть не может. При современных разработках на первый план выходят проблемы экологии и технической безопасности, учитываются современные способы технологического управле-

ния, новейшая аппаратура, новые материалы и, конечно, сырьевые, энергетические, транспортные возможности региона. Последнее обстоятельство особенно важно иметь в виду в тех сырьевых регионах, где в настоящее время железные дороги отсутствуют. Например, Республика Тыва, обладая общими запасами углей около 19 млрд.т (данные на 1.01.1955 г.), не имеет ни одного километра железных дорог, то же касается Камчатского края, где общие запасы углей превышают 200 млрд.т при полном отсутствии железных дорог.

Развитие газификации может идти по двум направлениям - как указывалось выше, это производство синтез газа, с другой стороны, производство газа для различных отраслей промышленности и для бытового использования. Теоретические основы газификации твердого топлива, техническое оформление процесса, оборудование газогенераторных станций подробно описано в трудах российских ученых [16-20].

Что касается различных направлений использования углей как химического сырья, то подробности изложены в специальной литературе, в частности, в работах [21-26]. Особый интерес в настоящее время представляет разработка новых технологий на основе непосредственного использования электрической энергии, о чем в своей книге писал еще Ф.Фишер (русский перевод 1927 г.[27]). Технология электроококсования и электро-полуококсования описывается в работах [8,9]. Использованию плазмы посвящены работы [28,29].

Электрохимической переработке углей посвящена монография [30]; технология электрохимии органических соединений рассмотрена в [31], практические особенности этой технологии изложены в прекрасной монографии Стендера В.В. [32]. Наконец огромные возможности представляют работы по углеродным волокнам и нанотрубкам [33-36].

Заключение. Общая фраза «глубокая переработка угля» отвлекает исследователей от конкретных задач. Углехимия - наука прикладная и необходимо задачу ставить в узком интервале, чтобы от рабочей гипотезы перейти к решению именно поставленной задачи, разумеется, не забывая огромной возможности для химии угольной сырьевой базы, о чем коротко и ясно сказал В. Маяковский: «Даже пища от угля, от угля все это».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скурский М.Д. Золото-редкометалльно-нефтегазоугольные месторождения и их прогноз в Кузбассе. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2005. 627с.
2. Скурский М.Д. Недра земли. - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. 880с.
3. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России. Справочник. - М.: Недра, 1996. 238с.
4. Юдович Я.Э. Кетрис М.П. Токсичные элементы- примеси в ископаемых углях. -Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 655с.
5. Малозольные и сверхчистые угольные концентраты / Ред. И.С. Благов. М.: Наука, 1968. 146с.
6. Непрерывное коксование углей. Труды Института горючих ископаемых. Т.Х. - М.: Изд-во АН

СССР, 1959. 262с.

7. Цикарев Г.А., Петрова Г.И., Бычев М.И. Переработка углей. Часть I. Зарубежный научный и промышленный опыт. - Якутск.: Изд-во ЯФ СО РАН, 2005. 128с.
8. Вояцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1976. 512с. (раздел адгезия, с.168).
9. Робертс Д., Иенкнер А. Коксование и полуококсование углей. - Харьков: ОНТИ Украины, 1938. 490с.
10. Tay A. Полуококсование углей. - М.-Л.: Гостоптехиздат, 1948. 212с.
11. Цылев Л.М., Дмитреев Г.Н., Махалов П.Н. Производство и потребление буроугольного кокса в ГДР. - М.: Металлургиздат, 1961. 80с.
12. Лебедев А.К. Озонолиз технического низкопроцентного фенантрена / Известия ТПИ. Т.151. - Томск: Изд-во ТГУ, 1966. с. 94-100.
13. Козлов В.Н. Нимвицкий А.А. Технология пирогенетической переработки древесины. - М.-Л.: Гослесбумиздат, 1954. 619с.
14. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. - М.: Химия, 1981. 608с.
15. Орлова Е.Ю. Химия и технология близантных взрывчатых веществ. - Л.: Химия, 1973. 688с.
16. Аронов С.Г. , Нестеренко Л.Л. Химия твердых горючих ископаемых. - Харьков: Изд-во ХГИ, 1960. 371с.
17. Лавров Н.В. Физико-химические основы горения и газификации топлива. - М.: Металлургиздат, 1957. 288с.
18. Канторович Б.В. Введение в теорию горения и газификации твердого топлива. - М.: Металлургиздат, 1961. 355с.
19. Альтшулер В.С. Новые процессы газификации твердого топлива. - М.: Недра, 1976. 280с.
20. Канторович М.В. Газогенераторы и газогенераторные станции в металлургической промышленности. - Свердловск: Металлургиздат, 1958. 467с.
21. Токарев Г.Г. Газогенераторные автомобили. - М.: Машгиз, 1955. 206с.
22. Аронов С.Г., Склар М.Г., Тютюнников Ю.Б. Комплексная химико- технологическая переработка углей. - Киев: Техника, 1968. 263с.
23. Калечиц И.В. Химия гидрогенизационных процессов в переработке топлив. - М.: Химия, 1973. 336с.
24. Святец И.Е., Агроскин А.А. Бурые угли как технологическое сырье. - М.: Недра, 1976. 224с.
25. Химические вещества из угля / Ред. Ю.Фальбе. - М.: Химия, 1980. 615с.
26. Химия и переработка угля / Ред. В.Г.Липович. - М.: Химия, 1983. 336с.
27. Лебедев В.В., Рубан В.А., Шпирт М.Я. Комплексное использование углей. - М.: Недра, 1980. 239с.
28. Фишер Ф. Искусственное получение жидкого топлива. - Л.: НХТИ, 1927. 385с.
29. Использование плазмы в химических процессах / Ред. Л.С. Полак. - М.: Мир, 1970. 255с.
30. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. - Л.: Химия, 1981. 248с.
31. Петрова Г.И., Бычев М.И. Электрохимическая переработка бурых углей. - Якутск.: Изд-во СО РАН, 2001. 165с.
32. Томилов А.П. и др. Электрохимия органических соединений. - Л.: Химия, 1968. 592с.
33. Стендер В.В. Прикладная электрохимия. - Харьков: Изд-во ХГУ, 1961. 542с.
34. Конкин А.А. Углеродные и другие жаростойкие материалы. - М.: Химия, 1974. 375с.
35. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Ред. М.К. Роко. - М.: Мир, 2002. 292с.
36. Фуллерены / Л.А. Сидоров, М.А. Юрловская и др. - М.: Изд-во «Экзамен». 2004. 648с.
37. Раков Э.Г. Нанотрубки неорганических веществ // ЖНХ, 1999, т. 44..№11. с.1827-1833. Общая характеристика углеродных НТ.

Авторы статьи:

Исхаков Хамза Ахметович - докт. техн. наук, ведущий научный сотрудник Института угля и углехи- мии СО РАН	Счастливцев Евгений Леонидович - канд. техн. наук, зав. лаб. геоколо- гических и водных проблем Инсти- тута угля и углехимии СО РАН
---	---