

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОГО УГЛЯ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ НЕГО ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Предлагаемый метод позволяет комплексно использовать природный уголь и решить важную проблему утилизации золошлаковых отходов и значительно сократить выбросы в атмосферу токсичных элементов, а также получить металлы и их концентраты. Важным продуктом технологии является мелкодисперсный уголь, который будет служить основой для создания аналогов котельного топлива и топлива для внутреннего сгорания.

The technology presented permits to use different coal ranges, to solve the problem of ash utilization and significantly reduce emission of toxic elements into the atmosphere and at the same time produce metals and their concentrates. The main product is fine coal which can replace fuel oil and motor fuel. The flow chart of chemical purification of fine coal consists of 5 main stages: breakage, kilning in boiling bed, leaching, microwave irradiation and production of the water-coal mixture.

С каждым годом содержание цветных металлов в природных рудах, вовлекаемых в переработку, падает. В связи с этим начинают использовать отходы металлургического производства, различные некондиционные материалы и нетрадиционные сырье. Источником большого ряда элементов может стать природный уголь. В последнее время развивающиеся страны, такие как Китай, Индия, Греция, Турция, Испания, Бразилия, Нигерия значительно увеличили добычу угля. Так, в Китае за последнюю четверть XX в. добыча угля неуклонно росла и к 2006 г. достигла 2,325 млрд т (в пять раз больше, чем добывали в СССР в 1950-1960-е гг.). Поэтому на первый план выступает старая, но крайне болезненная проблема – экология угольной промышленности и смежных с ней областей.

Как известно, при сжигании угля образуются золошлаковые отходы, которые надо как-то хранить и утилизировать, а в атмосферу и воды поступают в пылевой и газовой фазах токсичные вещества. Среди них не только главные токсиканты, образующиеся при сжигании угольного органического вещества – угарный газ, оксиды серы

и азота, но и целый ряд элементов-примесей, содержащихся в неорганическом веществе углей. Например, если принять среднюю зольность добываемых углей равной 15 %, то ежегодно из недр нашей планеты извлекается не менее 250-280 млн т угольного неорганического вещества – этого своеобразного ископаемого, содержащего ценные и токсичные металлы [4]. В таблице [1] приведены данные со средним содержанием некоторых металлов в углях. Как известно, в свое время уголь даже рассматривался как потенциальный сырьевой источник Ge и U. Но, поскольку германий в полупроводниковой промышленности был заменен кремнием, а для урана были найдены другие сырьевые источники, работы по геохимии неорганических веществ углей практически прекратились. Тем не менее, по мнению ряда исследователей [4], сегодня уголь должен стать минеральным источником цветных металлов.

Технологическая схема (см. рисунок), позволит получить металлы или их концентраты, а также ультрадисперсный уголь, который составит основу водоугольных (ВУС) или спиртоугольных смесей (СУС). ВУС и

СУС являются альтернативой существующим видам топлив: бензину и дизельному топливу. Рассмотрим более детально технологический процесс.

Среднее содержание металлов в углях, %

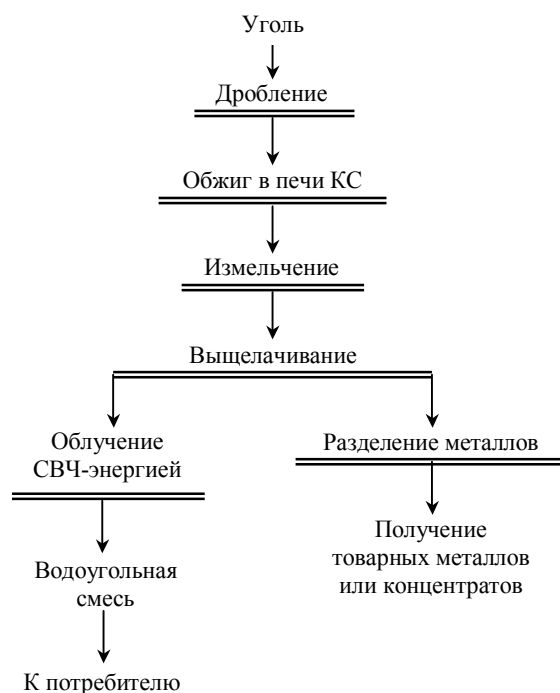
Элемент	Бурый уголь		Каменный уголь	
	Б1	Б2, Б3	Д, Г	Г, ОС
Ванадий	23	35	10	29
Хром	58	16	3,5	11
Марганец	39	124	70	133
Никель	8,5	12	13	12
Медь	2,9	13	4,5	22
Цинк	5,0	43	28	66
Галлий	10	8,3	8,5	11
Германий	0,7	33	3,9	1,4
Мышьяк	10	12	16	9,2
Цирконий	90	35	47	46
Ртуть	0,02	0,02	–	0,005
Свинец	2	9,6	4,5	20

Дробление (измельчение). Уголь, предварительно подвергшийся физическому обогащению для отделения крупных кусков пустой породы, направляется на первый этап – дробление. На этой стадии крупность материала доводится до крупности, при которой раскрываются зерна минералов и серы.

Обжиг в печи кипящего слоя. Температура внутри реактора 500 °С, что позволяет удалять карбоксильные группы и летучие серные компоненты. Но такая температура мала для начала процесса возгорания угля.

Одна из основных задач обжига – это перевод металлов, находящихся в различной форме (оксидов, сульфидов, карбонатов и т.д.), в сульфатную форму. (Сульфаты большинства металлов имеют хорошую растворимость в воде уже при комнатной температуре). Термодинамический анализ свидетельствует о том, что при низких температурах (500 °С и менее) окисление сульфидов с образованием сульфатов характеризуется более отрицательными значениями энергии Гиббса, чем окисление с образованием оксидов [3].

Измельчение. На этой стадии уголь доводится до крупности 150 мкм. В этом случае возможно применение шаровых мельниц.



Принципиальная технологическая схема подготовки угля различных месторождений перед использованием в ВУС

Выщелачивание. Процесс выщелачивания будет состоять из двух этапов. На первом происходит групповое извлечение металлов и их соединений в раствор. Предполагается последовательно использовать HCl и HNO₃. Такой способ позволит перевести в вытяжку большинство находящихся в углях металлов. На втором этапе происходит разделение и выделение индивидуальных элементов из раствора. Применяются традиционные методы выделения: цементация, сорбция, экстракция, электроэкстракция, электролиз и др.

Этап выщелачивания чрезвычайно важен, поскольку будущее топливо отличается от токсичных элементов и золы, а также получают концентраты металлов, сырья для металлургического производства.

Облучение СВЧ-энергией. Для того чтобы получить водоугольную смесь, которая обладает свойствами современного моторного топлива, угольная масса подвергается воздействию СВЧ-энергии. Сущность процесса – сверхбыстрый нагрев частичек воды, содержащейся в угле на уровне 12-15 %, до температуры кипения, когда давление насыщенных паров в порах угля разрывает ку-

сок на мелкие частицы [2]. Такая технология позволяет получать ультрадисперсный уголь с размером частиц менее 20-30 мкм.

Получение водоугольной смеси. После того как природный уголь очищен от серы, азота и от цветных металлов, наступает стадия получения товарного продукта (ВУС, СУС). Главное внимание обращается на вязкость, стабильность топлива. Поскольку размер частиц достаточен, при смешивании с водой или спиртом образуется коллоидный раствор, который может служить аналогом дизельного топлива.

Предлагаемый метод позволяет комплексно использовать природный уголь и решить важную проблему утилизации золошлаковых отходов и значительно сократить выбросы в атмосферу токсичных эле-

ментов. Важным продуктом технологии является мелкодисперсный уголь, который будет служить основой для создания аналогов котельного топлива и топлива для внутреннего сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриленко В.В. Экологическая минералогия и геохимия месторождений полезных ископаемых / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 1993. 151 с.
2. Диденко А.Н. Нехимические методы получения жидкого топлива из углей // Изв. АН. Энергетика. 2002. № 5. С.103-118.
3. Теляков Н.М. Теория и практика извлечения благородных металлов при комплексной переработке руд с применением сегрегационного и сульфатизирующего обжигов / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 2000. 61 с.
4. Юдович Я.Э. Неорганическое вещество углей / Я.Э.Юдович, М.П.Кэтрис; УрО РАН. Екатеринбург, 2002. 423 с.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Н.М.Теляков*