Безотходные технологические процессы и охрана окружающей среды в химической технологии твердых горючих ископаемых

Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов— важнейшая социальная и экономическая проблема современности. Перспективы развития человеческого общества, само существование человека на Земле в большой степени зависят от того, насколько разумным будет воздействие человека на природу, насколько рационально и экономно будут использоваться сырьевые и энергетические ресурсы.

Химическая технология твердых горючих ископаемых в экологическом отношении одна из наиболее сложных отраслей промышленности, что обусловлено особенностями производства и масштабами отрасли.

Особенности воздействия технологических процессов на окружающую среду

Первым этапом любого процесса переработки твердых горючих ископаемых является его добыча. Эта ступень производства неизбежно связана с большими капитальными затратами, расходованием значительных энергетических и трудовых ресурсов, отчуждением больших земельных территорий, очень интенсивным разрушением ландшафтов, образованием крупных отвалов пустой породы. При открытой добыче отвалы составляют от 2 до 15 т на 1 т добытого угля (с учетом вскрыши). При шахтной добыче весьма значительные отвалы образуются на стадии строительства шахт. Во время непосредственно подземной добычи на 1 т угля на-гора извлекается 0,3 т пустой породы.

Этот этап следует обязательно учитывать при рассмотрении экологических характеристик технологических процессов переработки твердых горючих ископаемых. Именно поэтому технологические процессы, основанные на использовании для коксования дешевых углей открытой добычи вместо остродефицитных и глубоко залегающих хорошо спекающихся углей, дают большой экономический и экологический эффект уже на стадии добычи угля.

Вторым этапом процесса является обогащение углей. При этом кроме концентрата образуются большие количества твердых отходов производства (35—40% от массы исходного угля), из которых на современных обогатительных фабриках 35—50% приходится на отходы флотации, отличающиеся мелкодисперсностью и высокой влажностью (до 50— 60%)- На экономику процесса влияют полнота извлечения органической массы угля в концентрат и качество концентрата, а также возможность утилизации отходов или затраты на сооружение хвостохранилищ и прудов (в особенности для отходов флотации). В настоящее время суммарное количество отходов углеобогащения, получаемых в СССР, превышает 50 млн. т/год. Кроме того, на обогащение и последующую обработку углей расходуются большие объемы воды и воздуха.

В водах углеобогатительных фабрик содержатся значительные абсолютные количества выщелоченных из углей солей, органические примеси (масла, флотореагенты), а также угольный шлам; на стадиях рассева и сушки углей выделяются большие количества пыли.

Третьей стадией, также обязательной для любой технологии, является подготовка угля — его окончательное дробление, термическая подготовка, сушка, классификация, дозирование. На этой стадии образуется значительное количество пыли, а общие потери достигают 1,5—2,5 кг/т угля. При сушке или термической подготовке образуются сточные воды, содержащие угольный шлам, а также некоторое количество отсевов угля.

На четвертой, основной технологической стадии, образуются разнообразные отходы. Их количества и состав зависят от специфики технологического процесса и свойств исходного ископаемого.

На коксохимических заводах, например, выбросы в атмосферу составляют 6,7 кг/т кокса, причем около 70% приходится на долю коксового цеха. При мокром тушении кокса выделяется около 600 кг пара на 1 т кокса, а общий объем образующихся пара и газов составляет более 1000 м3/т кокса. Коксование сопряжено с выбросами пыли и газа при загрузке шихты в печи и с образованием шлама при мокром тушении кокса. Мокрое тушение кокса — не только безвозвратная потеря топлива и воды, но и сокращение выхода ценного доменного кокса из-за разрушения его кусков при резком охлаждении.

При газификации неизбежно образование зольных отходов с большим или меньшим содержанием углерода. Кроме того, в зависимости от избираемой схемы, в очень широких пределах изменяется к. п. д. газификации (от 0.5 до 0,8), что также влияет на эффективность использования потенциальной энергии исходного угля.

В большинстве процессов термической переработки твердых горючих ископаемых, а также при гидрогенизации образуются фусы и шламы. Их количества при коксовании незначительны (в среднем около 0,16% от угля); при полукоксовании их количество достигает нескольких процентов (особенно при высокоскоростном пиролизе), а в процессах гидрогенизации на долю шламов приходится 10—15% (и более) от органической массы угля.

Любой процесс переработки твердых топлив неизбежно связан с образованием сточных вод, включающих влагу шихты, воду, образующуюся при термическом превращении органической массы угля, ее гидрогенизации и газификации. В то же время в любом процессе, за исключением процессов газификации угля в кипящем слое или газификации пылевидного топлива, образуются водорастворимые фенолы, аммиак, органические основания, сероводород, а также — при коксовании — цианистый водород; все эти вещества неизбежно оказываются в воде. В нее переходит также значительное количество нейтральных масел, а при низкотемпературных процессах и синтезе из СО и Н2 — нейтральные кислородсодержащие вещества и органические кислоты. Все это обусловило необходимость тщательной очистки больших объемов сточных вод.

На стадии улавливания продуктов из газа образование отходов производства не является неизбежным и зависит от избранных схем улавливания. Так, при улавливании аммиака серной кислотой сульфат аммония оказывается трудно утилизуемым отходом производства, неблагоприятно влияющим на экономику процесса. Выбор окислительных или вакуум-карбонатных методов очистки от сероводорода неизбежно приводит к получению значительных отходов в виде концентрированных растворов нерегенерируемых солей. Наконец, использование открытых схем конечного охлаждения коксового газа является причиной больших выбросов цианистого водорода из градирен.

Стадия переработки химических продуктов может быть безотходной. Образование смолистых отходов и различных видов кислых смолок, а также отработанных кислот является следствием применения устаревших технологических процессов. Применение гидрогенизационных схем и современных физических методов разделения — высокоэффективной ректификации или экстракции — позволяют сделать эту стадию безотходной.

Источником потерь оказываются воздушники и системы хранения низкокипящих продуктов. Через воздушники теряется до 2% бензольных углеводородов. Значительные потери связаны с вентиляционными выбросами. Своеобразен состав отходов (производства углеграфитовых материалов. Главным видом отходов оказывается извлекаемая после каждой операции засыпка из обжиговых печей (0,4— 1,0 т на 1 т изделий), а также углеродные отходы, образующиеся при механической обработке изделий. Опасным отходом' оказывается смола, выделяющаяся при прокалке коксов и обжиге зеленых заготовок, вследствие высокого содержания в ней канцерогенных углеводородов.

Экологическая характеристика отрасли ухудшается также в результате использования в ряде производств устаревших технических решений. Экологическую опасность представляют любые нарушения технологии, так как в этом случае происходит значительное и неуправляемое увеличение количества выбросов.

Общие принципы создания безотходных технологий

На современной стадии развития промышленности невозможно идти по пути сохранения технологии неизменной и решения экологических проблем только за счет простого увеличения объемов очистных сооружений, строительства новых хвосто-хранилищ. Такое увеличение затрат на очистку без изменения технологии означает значительное ухудшение использования природных ресурсов, увеличение эксплуатационных и капитальных затрат.

На современном этапе надо иначе организовывать производство, создавать новые процессы и эксплуатировать действующие предприятия в оптимальных режимах, обладающих высокой степенью инженерно-эколого-экономического совершенства. Главной задачей становится создание безотходных или малоотходных технологий, отличающихся образованием малого количества отходов и выбросов вследствие совершенства и особенностей самого процесса.

Рассмотрим основные критерии совершенства технологических процессов.

*Инженерные критерии*

1. Доступность сырья. По этому показателю, например, производство формованного кокса обладает преимуществами перед слоевым коксованием, а газификация — перед гидрогенизацией.

2. Малая зависимость технологического процесса от качества сырья. Так, преимуществом газификации по методу Копперс — Тотцек является возможность газифицировать практически любое сырье, включая твердое и жидкое топливо, при неизменном качестве продукции — генераторного газа, тогда как при слоевой газификации небольшие отклонения в свойствах угля могут нарушить технологический процесс.

1. Получение ограниченного ассортимента продукции стабильного качества. Это обстоятельство важно потому, что в этом случае проще отладить технологический процесс и управление качеством продукции, четко формулируется система оптимального управления производством.
2. Возможность создания установок большой единичной мощности. Это требование особенно важно при создании новых производств с малым числом параллельных линий, которые должны обслуживаться ограниченным по численности персоналом. Так, сложно увеличить единичную мощность нафталинового пресса, но практически нет ограничений для увеличения единичной мощности установки ректификационного получения нафталина. Малая объемная производительность катализаторов углеводородного синтеза по Фишеру — Тропшу ограничивает на современной стадии увеличение единичных мощностей этих производств, тогда как нет принципиальных ограничений единичной мощности цехов синтеза метанола.
3. Простота управления и регулирования и возможность - автоматизированного управления технологическим процессом. Чем совершеннее инженерное решение, тем легче управлять процессом, тем более гибко регулирование, тем легче получить продукцию заданного качества. Именно поэтому трубчатые печи — несравненно более совершенные агрегаты, чем инерционные и трудно управляемые перегонные кубы.
4. Надежность и безаварийность эксплуатации. Каким бы совершенным ни был агрегат, как легко бы он ни управлялся, но если из-за недостаточной надежности неизбежны частые остановки и переналадки, то все эти достоинства потеряют свое значение. К тому же частые внеплановые ремонты связаны с большими затратами ручного труда и делают эксплуатацию установок особенно тяжелой.
5. Высокий выход целевых продуктов и высокая селективность. Чем выше селективность, тем меньше затраты на разделение, проще управление технологическим узлом и легче получить продукты высокого качества. По этому критерию получение водяного газа при газификации и приготовление на его основе метанола — гораздо более совершенный процесс, чем гидрогенизация угля или полукоксование.
6. Коррозионная безопасность — необходимое условие надежности и безаварийности технологии.
7. Высокий уровень механизации основных и вспомогательных операций является важнейшим условием современной технологии, в особенности при больших единичных мощностях производства.

10. Простота ремонтов, запуска и остановки приобретает особое значение при создании любых технологических процессов. Установка должна быть снабжена всем необходимым для быстрого запуска и вывода ее на оптимальный режим, она должна стабильно работать и на переходных режимах. Самый совершенный процесс будет бесперспективным, если отступления от оптимального режима глубоко и надолго нарушают технологию. Наименее устойчивые узлы должны быть доступными для ремонта, и должны существовать условия, необходимые для проведения поузлового ремонта.

1. Наличие резервов интенсификации. Любой процесс не может быть абсолютно совершенным. В ходе эксплуатации появляются предложения, улучшающие процесс. Использование опыта смежных отраслей и новые разработки открывают путь к значительному улучшению процесса при реконструкции и техническом перевооружении производства. Поэтому и технология, и конструкция аппаратов, и их компоновка должны быть рассчитаны с учетом возможных изменений. Избыточная специализация может исключить возможность улучшения установки, делает ее моральное и физическое старение необратимым.
2. Возможность утилизации вторичных энергоресурсов позволяет значительно улучшить параметры технологического процесса и сократить его энергоемкость.
3. Малооперационность. При прочих равных условиях преимущества малостадийного процесса очевидны: резко увеличивается надежность, упрощается управление процессом.
4. Привлекательность для обслуживающего персонала. Этот критерий оказывает решающее влияние на возможность комплектации персонала установки, стабильность коллектива и, следовательно, на качество эксплуатации агрегата.

*Экологические критерии*

1. Ограниченный ущерб природным ресурсам при получении исходного сырья, полупродуктов и при изготовлении оборудования.

1. Ограниченное количество или отсутствие твердых отходов.
2. Возможность квалифицированного использования твердых отходов.
3. Отсутствие больших количеств трудно рекуперируемых жидких или газообразных отходов.
4. Возможность замыкания в технологических циклах жидкостных и газовых потоков.
5. Ограниченное потребление воды и энергии и использование вторичных энергоресурсов и водных ресурсов. Применение воздушного охлаждения позволяет принципиально сократить потребление предприятием остродефицитной воды. Возвращение конденсата пара в производство дает возможность значительно сократить объем стоков и одновременно ограничить потребление свежей воды и затраты материалов и энергии в отделении подготовки воды тепловых электростанций.
6. Высокая селективность процессов и отсутствие трудноразделимых многокомпонентных продуктов реакции. Если это требование не соблюдается и в результате образуются сложные смеси, то возрастает вероятность того, что ряд компонентов или технологических продуктов не найдет применения и окажется в числе неутилизируемых отходов. Именно это тормозит развитие процессов полукоксования и его варианта — энерготехнологической переработки топлив.
7. Возможность комплексной переработки сырья предполагает также организацию переработки, в результате которой в едином технологическом процессе будет получен набор продуктов, находящих квалифицированное применение. Примерами такого процесса являются современное высокотемпературное коксование углей и переработка нефти.
8. Возможность комбинирования технологических процессов является показателем рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов. Сочетание в одном аппарате процессов прокаливания и сухого тушения пекового кокса позволяет не только улучшить качество продукта, но и в масштабе народного хозяйства сэкономить значительные материальные и энергетические ресурсы. В этом случае потребителю пекового кокса не нужно строить специальную установку для прокаливания кокса.

Кроме того, на такой специальной установке пришлось бы нагревать до 1300—1400°С ранее охлажденный кокс, тогда как на комбинированной установке раскаленный кокс следует нагревать до этой температуры, начиная от 1100—1200 °С. При этом экономится большое количество тепла.

1. Надежность и безаварийность в работе. При частых внеплановых остановках возможны залповые выбросы больших количеств токсичных веществ, концентрация которых намного превышает допустимые. Поэтому установка должна быть надежной в работе. Она должна быть «оборудована резервными емкостями и системами, достаточными для принятия любого аварийного выброса.
2. Наличие резервов интенсификации. Опыт эксплуатации многих предприятий в любых отраслях показывает, что уровень их экологического совершенства может быть заметно повышен при реконструкциях и оптимизации процессов. Эта возможность отсутствует на производствах с негибкими технологическими и компоновочными решениями.
3. Малооперационность, как правило, сокращает количество и ассортимент выбросов и отходов производства.
4. Высокое качество и отсутствие токсичности сырья создают нормальные условия работы обслуживающего персонала и позволяют отказаться от использования дополнительных ресурсов на защиту персонала от вредного воздействия сырья. Так, использование неканцерогенного и более лабильного нефтяного пека в электродной и алюминиевой промышленности