УДК 66.092.89

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОХИМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЯ

Ковалев Е.Т.

ГП «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)», Харьков, Украина

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся данные по запасам и добыче украинских углей, а также их рациональному использованию. Сформулированы основные требования к производству доменного кокса. На основании этих требований разработана концепция производства высококачественного кокса. В рамках реализации этой концепции определены требования к свойствам шихты для производства высококачественного кокса. Практическая реализация на коксохимических предприятиях Украины рекомендаций по улучшению качества кокса позволила успешно провести ряд опытных доменных плавок на коксе улучшенного качества. Описаны важнейшие виды альтернативных топлив коксохимического происхождения: коксовый газ, бензол и его гомологи, котельные и печные топлива, ароматические амины анилинового ряда.

ВВЕДЕНИЕ

Значительным собственным источником горючих ископаемых в Украине являются бурые, каменные угли и антрациты. Их суммарные действительные запасы углей по категориям А+В+С1 составляют почти 46 млрд. т. В этих запасах имеются угли практически всех марок и стадий метаморфизма — от бурых до антрацитов. Большая часть запасов сосредоточена в Донецком бассейне — 42,2 млрд. т, в Днепропетровском буроугольном — 1,9 млрд. т, Харьковской области — 0,4 млрд. т, в Закарпатском месторождении — 0,04 млрд. т. [1].

Наибольшее количество запасов (кат. А+В+С1) соответствует малометаморфизованным углям марок Б, Д, ДГ и Г – 67,8 %. Доля коксующихся углей (включая угли марок ДГ и Т) составляет 29 %.

ДОБЫЧА УГЛЕЙ И ПРОИЗВОДСТВО КОКСА

На рис.1 представлено процентное соотношение запасов и добычи украинских углей. Анализ этих данных показывает, что в Украине наблюдается несбалансированность запасов и добычи угля.

В частности, добыча ценных коксующихся углей марок Ж и К превышает уровень их запасов в более чем в 2 раза (22,5 против 10,3 %). Данное обстоятельство привело к истощению запасов украинских углей для коксования и их замещению импортом из России, США и других стран.

Основные направления работ института связаны в первую очередь с рациональным использованием углей для коксования. В Украине работают 14 коксохимических предприятий, из них три коксохимических производства входят в состав металлургических комбинатов. Объемы производства кокса в Украине по годам представлены на рис.2. Как видно, в последние годы производство кокса в Украине, исходя из потребностей внутреннего рынка и экспортных возможностей, стабилизировалось на уровне 18-20 млн. т. с колебаниями, обусловленными экономической ситуацией в стране и мире.

Сейчас Украина занимает 5-е место в мире по производству кокса после Китая, Японии,

России и Индии, опережая другие страны первой десятки (Корею, США, Бразилию, Польшу, Германию).

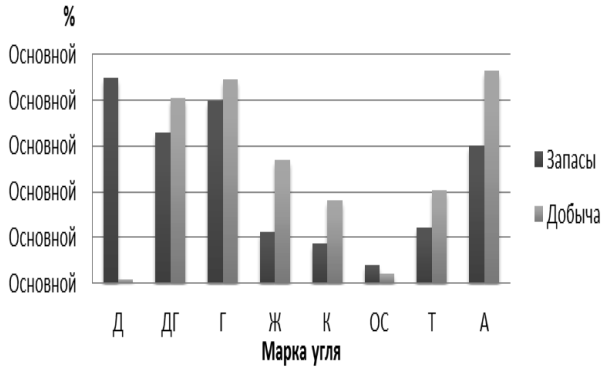

Рис.1 Запасы и добыча украинских углей.

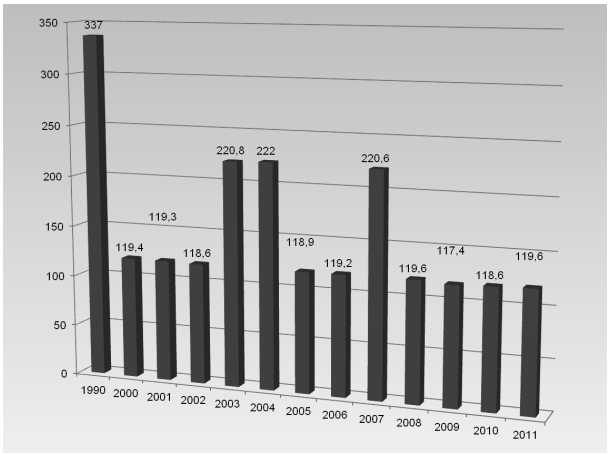

Рис.2 Динамика производства кокса в Украине по годам в млн. т. валового кокса с 6%-ной влажностью.

Главным потребителем кокса является доменное производство, где ежегодно используется около 14 млн т кокса (78 % общего объема, или 86 % класса крупностью более 25 мм). Удельный расход кокса на выплавку 1 т. чугуна в Украине, мире и у ведущих производителей (в кг/т): Украина – 500, в том числе ПрАТ «Донецксталь» – 390, ПАО «Алчевский МК» – 446, ПАО «Запорожсталь» – 447; весь мир – 420-440; ведущие производители – 300-400; минимальный расход – 250 (Bao Steel, Китай). Как видим, удельный расход кокса в Украине значительно выше, что ухудшает экономику выплавки чугуна, так как кокс – самый дорогой компонент доменной шихты. Поэтому ведущие производители до 40 % кокса заменяют дополнительными топливами, прежде всего пылеугольным (ПУТ). В Украине долгие годы единственным таким предприятием был Донецкий металлургический завод (ныне ПрАТ «Донецксталь»), где с 1980 г. эксплуатируется первая в Европе и вторая в мире установка по приготовлению и использованию ПУТ. В последние годы эта установка реконструирована. Кроме того, введены в эксплуатацию установки на ПАО «Алчевский МК» и «Запорожсталь», осваивается установка на ПАО «ММК им. Ильича», планируется строительство таких установок на других крупнейших комбинатах.

Пылеугольное топливо, как и другие заменители кокса, могут частично замещать его как восстановитель железа из руды и источник тепла для осуществления фазовых переходов в доменной плавке. Кокс как разрыхлитель засыпи заменить нечем. Это – единственный материал, остающийся в твердой фазе на нижних горизонтах доменной печи, удерживающий на себе вес всех вышележащих материалов и обеспечивающий газопроницаемость засыпи. Поэтому сокращение расхода кокса невозможно без улучшения его качества: снижения зольности, сернистости, реакционной способности, повышения прочности.

К коксу улучшенного качества (марка КДП1) предявляются следующие требования [2]:

Зольность сухой массы $A^d \leq 10,7$ %;

Сернистость общая сухой массы $S^d_t \leq 0,85$ %;

Влажность рабочая $W^r_t \leq 6$ %;

Механическая прочность (%):

$M_{40} \geq 78$,

$M_{25} \geq 88$,

$M_{10} \geq 7,2$;

Содержание классов крупности (%):

> 80 мм: ≤ 15,

< 25 мм: $\leq 3,5$;

Реакционная способность CRI ≤ 29 %;

Послереакционная прочность CSR ≥ 56 %;

Выход летучих веществ из горючей массы $V^{daf} \leq 0,8$ %.

На основании этих требований институтом разработана концепция производства высококачественного кокса, основными положениями которой являются:

1. Формирование требуемой сырьевой базы коксования.

1.1. обеспечение требуемых свойств угольной шихты, прежде всего по зольности, сернистости, степени метаморфизма;

1.2. повышение глубины обогащения и уменьшение зольности угольных концентратов;

1.3. повышение степени однородности угольных шихт по стадиям метаморфизма;

1.4. уменьшение количества концентратов, используемых для составления шихты на каждом предприятии;

1.5. увеличение добычи малосернистого угля с благоприятным химическим составом минеральной части.

2. Рациональная технология коксования:

2.1. направленное влияние на физико-химические процессы термической деструкции и синтеза для получения кокса с наибольшей долей участков анизотропной структуры (повышение степени упорядочения углерода кокса);

2.2. снижение скоростей коксования до уровня не более 27 мм/ч;

2.3. корректировка температурного режима при изменении условий коксования.

3. Послепечная обработка кокса:

3.1 обеспечение стабильной влажности;

3.2. рациональный уровень механических нагрузок на кокс при его сортировке и дополнительная механическая обработка кокса для реализации имеющихся центров механических нагрузок и трещинообразования;

3.3. обработка поверхности кокса с целью закрытия пор и трещин, а также ингибирования процессов газификации.

В рамках реализации этой концепции определены требования к свойствам шихты для производства высококачественного кокса:

Зольность $A^d \leq 8,0$ %;

Сернистость $S^d_t \leq 1,0$ %;

Выход летучих веществ V^{daf}=26,0-28,0 %;

Толщина пластического слоя Y=14-15 мм;

Индекс основности $И_o \leq 2,8$;

Средний показатель отражения витринита $R^o \geq 1,0$ %;

Содержание класса -3 мм – 79-83 %;

Давление распирания – не более 7 кПа.

Основой для такой шихты могут быть украинские угли шахт «Красноармейская Западная № 1» и «Суходольская восточная», а также зарубежные угли различных коксующихся марок.

Практическая реализация на коксохимических предприятиях Украины рекомендаций по улучшению качества кокса позволила успешно провести ряд опытных доменных плавок на коксе улучшенного качества. Во всех доменных плавках было достигнуто увеличение производительности доменной печи (на 1,7-17,1 %) и снижение расхода кокса (на 4,9-8,6 %). При этом наилучшие результаты были достигнуты на доменной печи № 2 ОАО «Донецкий металлургический завод» - при практически неизменном расходе пылеугольного топлива (167 172 кг/т чугуна) расход кокса был снижен до 390 кг/т. Это свидетельствует о том, что наибольший эффект от улучшения качества кокса достигается в доменных печах с вдуванием пылеугольного топлива.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Коксохимическое производство является весьма энергоемким. В среднем для производства 1 т валового кокса затрачивается 89 кВт×ч электрической энергии и 0,39 Гкал тепловой энергии. При существующем в Украине уровне производства кокса это эквивалентно 3,22 млн т в год условного топлива.

В то же время энтальпия и теплотворная способность вторичных энергетических ресурсов, образующихся при производстве кокса, вместе достигают 7,5 МДж/кг переработанной угольной шихты. При существующем в Украине уровне производства кокса это эквивалентно 6,5 млн т в год условного топлива, а эксергия (техническая работоспособность) этих ресурсов эквивалентна 5,1 млн т в год условного топлива.

Институтом впервые разработан национальный нормативный документ ДСТУ 4370:2011 «Энергосбережение. Коксохимическое производство. Ресурсы энергетические вторичные. Методика определения показателей выхода и использования», регламентирующий основные положения, связанные с использованием вторичных энергетических ресурсов при производстве кокса. Основным видом вторичных энергоресурсов в коксохимическом производстве является энтальпия раскаленного кокса, утилизируемая в установках сухого тушения.

Также предприятия коксохимической промышленности являются производителями заметного количества альтернативных топлив — моторных — на базе продуктов переработки сырого бензола, а также котельных и печных — на базе продуктов переработки каменноугольной смолы и отходов производства. Перспективной является организация производства экологически чистой высокооктановой добавки к моторным топливам —

ароматических аминов анилинового ряда из гомологов бензола [3].

К важнейшим видам альтернативных топлив коксохимического происхождения относятся:

Коксовый газ – 8,2 млрд м^3/год (4,7 млн т.у.т./год);

Бензол и его гомологи как компоненты моторного топлива и сырье для химической переработки – 192 тыс т/год (275 тыс т.у.т./год);

Котельные и печные топлива, получаемые из каменноугольной смолы – 17,4 тыс т/год (24,9 тыс т.у.т./год);

Ароматические амины анилинового ряда для улучшения октанового числа бензина – 72 тыс т/год.

В настоящее время более 99 % кокса в мире получают по технологии, предусматривающей обработку коксового газа и улавливание химических продуктов коксования. Эта технология, начиная со второй половины XIX века, стала основной в промышленном производстве кокса, в связи с потребностями химической промышленности. В то же время в современных условиях для конкретных производств более эффективным может быть производство кокса без улавливания химических продуктов либо, наоборот, целенаправленная переработка практически всей органической массы угля в газообразные и жидкие продукты. Исходя из этого, перспективные технологии термохимической переработки углей постоянно находятся в поле зрения специалистов УХИНа.

В последние годы в мире, из-за непрерывно ужесточающихся требований к охране окружающей среды, возрождается интерес к технологии производства кокса в печах без улавливания. При этом в подсводовое пространство камеры подается воздух, который взаимодействует с поверхностью засыпи (высотой 0,6-1,0 м, шириной 2,4-4,0 м) и воспламеняет выделяющиеся парогазовые продукты термической деструкции, уходящие из подсводового пространства в боковые и подовые отопительные каналы. В эти каналы также подается воздух, дожигающий парогазовые продукты. Обогрев засыпи ведется за счет утилизации части теплосодержания продуктов горения, покидающих отопительную систему с температурой 1000-1100 °С. Дальнейшее использование теплосодержания продуктов сгорания производится на энергетической установке путем преобразования в тепловую энергию пара и электроэнергию. Затем продукты сгорания с температурой 180 °С поступают на очистку от соединений серы с помощью известкового молока, а после этого сбрасываются в атмосферу через дымовую трубу. Основные преимущества технологии коксования без улавливания:

1) улучшение технико-экономических показателей производства за счет снижения капитальных и эксплуатационных затрат и отказа от выпуска неконкурентоспособной продукции;

2) повышение качества кокса в результате удлинения периода коксования до 48-72 часов;

3) практически полное исключение вредных выбросов в атмосферу за счет работы печей под разрежением;

4) снижение капитальных затрат на 20 % и повышение производительности труда на 10 %.

Выпускаемая продукция двухпродуктовой технологии коксования:

- кокс (73-75 % от массы шихты);
- пар (3,0 МПа, 370 °С) – 0,3 т/т кокса;
- электроэнергия – 700 кВт×ч/т кокса.

Технология отработана в промышленных масштабах на ряде предприятий США, Австралии, Китая, Индии и других стран. Гипрококсом и УХИНом в 2004-2006 годах были выполнены исследования и опытно-конструкторские проработки по технологии коксования в печах без улавливания. В результате были разработаны исходные данные для проектирования опытно-промышленной коксовой батареи без улавливания химических продуктов производительностью 200 тыс т кокса в год 6 %-ной влажности, на которой предусмотрено перерабатывать предварительно уплотненную (трамбованную) шихту.

Для Украины, как и других стран, не располагающих собственными значительными источниками жидкого и газообразного углеводородного сырья, важнейшее значение имеют технологии переработки углей в заменители продуктов, получаемых из нефти и природного газа. Среди таких технологий в мире наибольшее развитие получила газификация углей.

УХИНом, Гипрококсом и Институтом газа НАНУ выполнены проработки по газификации бурых углей Новодмитровского месторождения Харьковской области с использованием получаемого генераторного газа для прямого восстановления железа. Также проводятся работы, направленные на газификацию каменных углей с использованием получаемого газа для различных химических синтезов и в энергетических установках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, институт систематически проводит комплекс работ по совершенствованию существующей технологии коксования, повышению качества продукции и энергосбережению в коксохимической подотрасли, а также направленных на промышленную реализацию новых энергоэффективных технологий переработки угля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Державний баланс корисних копалин України, Том Вугілля, Геоінформ України, випуск 22, Київ, 2010, С. 753.
2. Теория и практика производства и применения доменного кокса улучшенного качества: Монография / Ю.В. Филатов, Е.Т. Ковалев, И.В. Шульга, С.И. Кауфман, А.И. Коломийченко. Под. ред. С.Л. Ярошевского. – Киев: Наукова думка, 2011. – 128 с.
3. Ковалев Е.Т., Шульга И.В. Анализ перспективных для Украины технологий производства из угля аналогов продуктов переработки нефти и природного газа // УглеХимический журнал. 2007. № 1 – 2. С. 37 – 43.