

ПРОЦЕСС КОКСООБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СЖИГАНИЯ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ НАД УГОЛЬНОЙ ЗАГРУЗКОЙ

© 2011 Старовойт А.Г., д.т.н.,
Пинчук С.И., д.т.н., Малый Е.И. к.т.н.,
Старовойт М.А. (НМетАУ)

В статье дана характеристика коксохимических заводов, работающих без улавливания химических продуктов коксования, и рассмотрены вопросы возможности получения кокса аналогичных параметров применительно к угольной сырьевой базе Украины.

The paper presents the characteristics of coke plants operating without chemical product recovery and investigations of the possibility of obtaining coke of similar parameters using the coal resources of Ukraine.

Ключевые слова: двухпродуктовый коксовый завод, технология «без улавливания», уголь, коксование, сырьевая база, горение, пироуглерод, холодная прочность.

В научно-технической литературе возрастает поток информации о внедрении новой технологии производства кокса по принципу «двухпродуктовый коксовый завод». Отличительная особенность такой технологии отображается уже в самом названии, а именно, отсутствует такая составляющая, как «химическая».

Традиционная технология коксования обуславливается рядом технологических стадий: подготовка угольного сырья; его термическая деструкция без доступа воздуха; улавливание и переработка химических продуктов коксования.

При получении кокса по двухпродуктовой технологии полностью исключаются стадии улавливания и переработки химических продуктов, так как они подвергаются полному сжиганию над угольной загрузкой непосредственно в камере коксования. Взамен этих стадий предусматривается процесс утилизации тепла продуктов горения с выработкой электроэнергии. Наиболее эффективно такая технология применяется в США.

Последний вариант технологии и печей «без улавливания» реализован на заводе компании «Indiana Harbor Coke Company» в Восточном Чикаго (штат Индиана). Производство кокса на предприятии осуществляется в 268 печах конструкции «Jewell – Thompson» (четыре батареи по 67 печей). Проектная мощность завода – 1,3 млн. т. валового кокса в год. При этом вырабатывается 72,8 МВт электроэнергии [1].

Опыт работы этого завода показал, что в условиях США предприятия, работающие по технологии «без улавливания», являются прибыльными [2]. Кроме того, данная технология рекомендована для применения агентством по охране окружающей среды США, как наиболее отвечающая требованиям закона «О чистом воздухе». В 1990 г. поправкой к закону США «О чистом воздухе» данная технология названа технологией максимально достигаемого контроля (MACT) [3].

В период с 1990 по 2000 гг. на указанном заводе были испытаны более тридцати вариантов угольных шихт. Свойства шихт изменялись в широком диапазоне: выход летучих продуктов – 19-31 %, влажность – 5-9 %, а количество компонентов шихты варьировалось от 1 до 8. Показатели качества полученного кокса изменялись в следующих пределах: холодная прочность (M_{60}) – 61,0-66,9 %; показатель CSR – 61,9-71,8 %; количество кокса с размером кусков более двух дюймов – 33-70 %.

Авторы исследований, проводимых на печах «без улавливания», привели нижеследующие аргументы по достигнутому уровню указанных показателей.

Повышение значения показателя CSR объясняется большим, чем в классических печах (с улавливанием химических продуктов), ко-

личеством отложений пиролитического углерода в слое кокса за счет большей длительности контакта отходящих газов с коксом;

Повышение холодной прочности авторы пояснили действием таких факторов:

- однородное пространственное распределение температур по загрузке;
- повышенный период коксования;
- возможность свободного расширения (по высоте);
- равномерность толщины слоя загрузки и, самое главное, равномерность плотности загрузки;

Увеличение размеров кусков кокса было объяснено действием тех же факторов, что и в случае повышения холодной прочности.

Показатели качества угольных шихт, используемых при производстве кокса «без улавливания» приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества угольных шихт завода «без улавливания» компании «Indiana Harbor Coke Company»

Показатель	Численное значение	
	максимальное	минимальное
Выход летучих продуктов на сухую массу, %	30,0	72,5
Содержание связанного углерода на сухую массу, %	71,0	63,0
A^{dry} , %	6,8	6,4
S^{dry} , %	0,83	0,64
$W^{общ}$, %	7,11	6,0
R_o , max, %	1,34	1,09
Содержание класса менее 1/8", %	85	60

В табл. 2 приведены значения параметров качества кокса для коксового завода «без улавливания».

В целом, информация, приведенная авторами [1-9] позволяет сделать вывод о том, что применение коксовых печей «без улавливания» позволяет расширить угольную сырьевую базу коксования. При одинаковом составе шихты показатели качества кокса, полученного в этих печах, выше, чем в печах с улавливанием химических продуктов коксования.

Исходя из этого, представляет интерес насколько технология «без улавливания» даст возможность получить кокс тех же параметров, но применительно к угольной сырьевой базе Украины.

Для изучения этого вопроса была использована лабораторная печь со специальным подводом тепла, имитирующая нагрев в печах «без улавливания» (рис. 1). Для сравнительного анализа проводили коксование с использованием шахтной печи по классической техно-

логии (рис. 2). В обоих случаях угольная загрузка составляла по 800 г.

Таблица 2

Показатели качества кокса завода «без улавливания» компании «Indiana Harbor Coke Company»

Параметр	Размерность	Фактическое среднее значение за 2 года
Зольность	%	8,56
Массовая доля серы	%	0,55
Выход летучих веществ	%	0,44
CSR	%	70,0
Барабанная прочность по ASTM	%	62,5
Средняя крупность кокса	мм	54,6
Барабанная прочность по DI 150/15	%	84,6
M ₄₀	%	85,0
M ₁₀	%	5,8

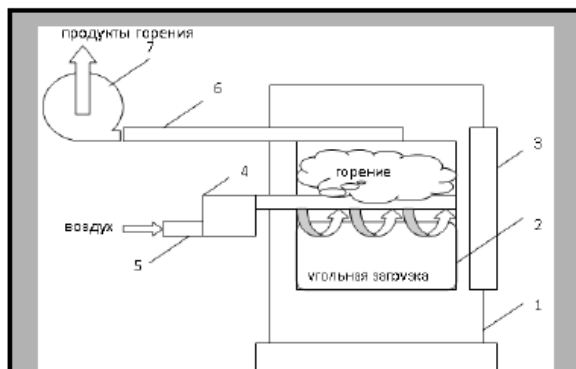


Рис. 1 Лабораторная установка, имитирующая нагрев в печах «без улавливания»

1 – корпус печи СНОЛ; 2 – реторта с крышкой; 3 – дверь печной камеры; 4 – регулятор подачи воздуха; 5 – воздухоподводящая трубка; 6 – трубка для отвода продуктов горения; 7 – дымосос

В качестве образцов использовали угольные концентраты (табл. 3) и шихты, составленные из них (табл. 4). Один из вариантов шихты содержал значительное количество угля марки «СС» взамен марки «К». Такой методический подход был необходим для более наглядной демонстрации, насколько технология «без улавливания» способна компенсировать более низкий потенциал спекания углей, используемых в Украине.

Процесс коксования производили до конечной температуры 850 °С с одинаковой скоростью нагрева 3° в минуту и термической выдержкой при охлаждении углеродистого остатка 24 ч.

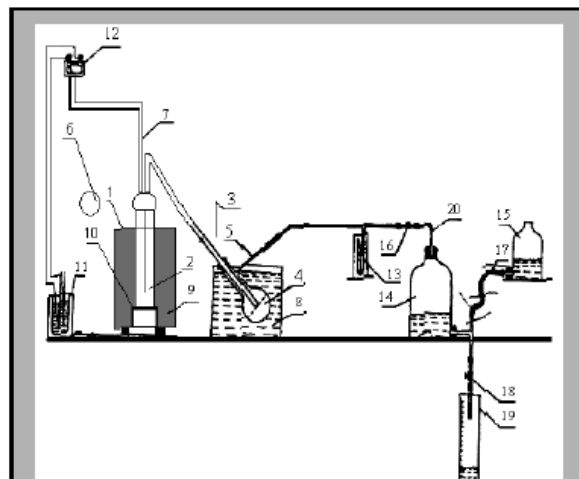


Рис.2 Лабораторная установка для коксования с улавливанием химических продуктов

1 – шахтная печь; 2 – реторта; 3, 5, 20 – отводная трубка реторты; 4 – колба-приемник; 6 – регулятор нагрева; 7 – термопара; 8 – ёмкость с охлаждающей смесью; 9 – теплоизолятор; 10 – нагреватель; 11 – термостат для охлаждения термопары; 12 – гальванометр; 13 – манометр; 14 – газометр; 15 – выравнивающая ёмкость; 16, 17, 18 – зажимы; 19 – цилиндр.

Таблица 3

Характеристика исследуемых угольных концентратов

Шахта	Марка	Технический анализ, %			Пластометрические показатели, мм		Петрографический состав, %					Средний показатель отражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %					
		A ^d	St ^d	V ^{daf}	x	y	Vt	Sv	I	L	Σ O K		R0	0,50-0,64	0,65-0,89	0,90-1,19	1,20-1,39	1,40-1,69
														ДГ	Г	Ж	К	ОС
Разрез «Черниговец»	СС	8,9	0,29	11,2	33	5	33	3	63	1	65	1,20	–	–	7	13	80	
Ш. «Юбилейная»	Г	6,0	1,38	41,8	37	10	57	–	32	11	32	0,72	15	83	2	–	–	
Ш. «Калининская»	Ж	7,5	0,85	31,3	29	15	86	–	11	3	11	1,02	–	15	77	8	–	
Ш. «Красноармейская Западная № 1»	К	7,0	0,6	28,3	19	12	84	–	14	2	14	1,13	–	–	84	16	–	

Таблица 4

Характеристика лабораторных шихт

№	Компоненты шихты, %			
	ш. «Юбилейная», марка «Г»	ш. «Калининская», марка «Ж»	ш. «Красноармейская Западная № 1», марка «К»	Разрез «Черниговец», марка «СС»
1	35	30	20	15
2	35	30	10	25

Полученные коксы исследовали на сбрасывание с рассевом проб по классам крупности и с определением их удельного электросопротивления, а также прочностных характеристик (табл.5).

На основании проведенных исследований можно установить тот факт, что кокс, полученный по технологии «без улавливания», имеет более высокие качественные показате-

ли, чем кокс, полученный по классической технологии.

По-видимому, в процессе коксования по технологии «без улавливания» играет важную роль нагрев со всех сторон загрузки, что способствует образованию каркаса из пластической массы, полукокса и кокса одновременно со всех сторон. Последний, являясь адсорбционным фильтром, затрудняет прохождение

летучих веществ наружу и направляет их вглубь угольной загрузки. При этом до окончания всего процесса используется в максимальной степени потенциал химических продуктов термического пиролиза. В результате в спекании участвует большее количество жидких веществ, а пластическая масса имеет большую подвижность по сравнению с подвижностью массы, получаемой при классическом способе коксования. Образующийся жесткий коксовый каркас не позволяет загрузке свободно вспучиваться, выполняя тем самым роль стенок печной камеры, а пластиче-

ская масса подобного происхождения способна взаимодействовать со значительным количеством инертных компонентов шихты, запекая их или спекаясь с ними. Давление летучих продуктов в коксуемой загрузке способствует увеличению процесса спекаемости. Необходимо отметить, что выход кокса при коксовании «без улавливания» несколько ниже, что следует отнести на его угар. Нами еще недостаточно методически отработано регулирование подачи воздуха в зависимости от выхода летучих веществ, что будет сделано на последующих этапах исследований.

Таблица 5

Качественные показатели лабораторных коксов*

№	Наименование пробы	Выход кокса, %	Выход классов, %				Прочность		Удельное электросопротивление, Ом·см ²
			> 40 мм	40-25 мм	25-10 мм	< 10 мм	структурная, %	абразивная, мг	
1	Шихта № 1	<u>70,2</u>	<u>72,1</u>	<u>20,7</u>	<u>0,8</u>	<u>6,4</u>	<u>30,5</u>	<u>70,875</u>	<u>6,3</u>
		70,0	87,1	7,3	4,9	0,7	43,8	102,92	2,2
2	Шихта № 2	<u>70,5</u>	<u>55,4</u>	<u>33,8</u>	<u>7,2</u>	<u>3,6</u>	<u>14,7</u>	<u>83,375</u>	<u>6,6</u>
		70,4	84,9	10,7	2,0	2,4	20,0	119,90	2,5
3	Концентрат марки «СС»	<u>84,0</u>	<u>63</u>	<u>21,2</u>	<u>2,0</u>	<u>13,8</u>	<u>6,0</u>	<u>82,375</u>	<u>8,7</u>
		88,0	81,9	5,9	2,2	10,0	9,7	120,45	2,7
4	Концентрат марки «Г»	<u>65,0</u>	<u>65,7</u>	<u>29,2</u>	<u>0,7</u>	<u>4,4</u>	<u>15,5</u>	<u>80,875</u>	<u>7,3</u>
		64,0	70,1	27,3	2,9	0,7	23,8	90,92	2,5
5	Концентрат марки «Ж»	<u>69,0</u>	<u>74,0</u>	<u>23,6</u>	<u>1,2</u>	<u>0,4</u>	<u>43,5</u>	<u>67,574</u>	<u>6,1</u>
		65,0	90,4	4,0	5,5	0,1	52,8	72,725	2,3
6	Концентрат марки «К»	<u>72,0</u>	<u>75,1</u>	<u>20,7</u>	<u>0,8</u>	<u>3,4</u>	<u>50,0</u>	<u>71,075</u>	<u>6,0</u>
		70,0	87,1	12,9	0,0	0,0	60,8	82,342	2,0

* числитель – характеристика кокса, полученного при нагреве с эвакуацией летучих продуктов коксования; знаменатель – характеристика кокса, полученного при сжигании летучих продуктов коксования над угольной загрузкой.

Таким образом, применив технологию «без улавливания» компании «Indiana Harbor Coke Company» можно предположить, что есть возможность, с одной стороны, увеличить в составе угольной шихты количество слабоспекающихся углей, и с другой – получить кокс более высокого качества, чем по традиционной технологии.

Библиографический список

1. Westbrook R.W. Heat recovery coke making at Sun Coke company / Westbrook R.W. / Presented at 1998 Annual AISE convention, Pittsburgh PA.
2. Ellis A.R. Heat recovery cokemaking at Indiana Harbor Coke Company – an historic event for the steel industry / Ellis A.R., Schuett K.J.,

Thorley T., Valia H.S. // ISS Iron Making Conference Proc. – 1999. – Vol. 58. – P. 173-185.

3. *Walker D.N. High CSR coke from non-recovery cokemaking process / Walker D.N. / 3 International Cokemaking Conference, Ghent Belgium, September 1996.*

4. *Ellis C.E. Coal blend testing at Jewell's non-recovery coke ovens / Ellis C.E., Pruitt C.W., Ball M.A. / Presented at 2000 AISE annual convention, Chicago, Illinois, September 2000.*

5. *Arendt Dr.P. Cracking reactions in coke ovens and their importance for coke quality / Arendt Dr.P., Kuhl Dr.H., Huhn Dr.F. / Presented at Kokereitechnik, Hauc der Technik, Essen Germany, may 2000.*

6. *Knorr E. Transition of Ispat Inland № 7 blast furnace from conventional to heat recovery coke / Knorr E., Carter W., Chaubal P., Moore J., Randae M., Valia H., Zuke D. / Presented at*

the 4 European coke and iron making congress, Paris, France, June, 2000.

7. *Schuett K.J. Two Years of Heat Recovery Coke Production at Sun Coke Company's Indiana Harbor Facility / Schuett K.J., Barkdoll M.P./ Seminar "Coke Outlook" 2000, Chicago, Illinois, USA, October, 2000.*

8. *Walker D.N. Sun Coke responds to blast furnace coke needs / Walker D.N. / Presented at Gorham/Intertech Coke Outlook 1999 Crisis or Opportunity, New Orleans, Louisiana, February 1999.*

9. *Barkdoll M.P. Consistent coke quality from Sun Coke Company's heat recovery coke making technology / Barkdoll M.P., Westbrook R.W. / "Coke Summit" 2000, Pittsburgh PA., USA, October 15-17, 2001.*

Рукопись поступила редакцию 29.01.2011

