

**ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ И СПОСОБА  
КОКСОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ НА  
КАЧЕСТВО КОКСА**

**THE INFLUENCE OF PREPARATION  
AND COKING METHOD OF COAL  
BLEND ON THE QUALITY OF COKE**

© 2014 Чемеринский М.С., к.т.н. (НМетАУ)  
Chemerinskiy M.S., PhD in technical sciences  
(NMetAU)

*В статье рассмотрены сырьевая база коксования Украины, специальные методы подготовки угольной шихты, способы коксования угольных шихт. Приведены результаты опытных коксований специально подготовленных шихт по двум технологиям с улавливанием побочных продуктов коксования и рекуперацией тепла.*

*The article describes the Ukrainian resource base of coking, the special methods of coal blends preparation and coking methods. The results of experienced coking of specially prepared blends by two technologies: with the trapping of the by-products of coking and with the recovering of heat.*

Ключевые слова: сырьевая база коксования, специальные методы, способ коксования, высокочастотная электромагнитная обработка, качество кокса.

Keywords: resource base of coking, special methods, the coking method, high-frequency electromagnetic treatment, coke quality.

\*\*\*\*\*

Известно, что балансовые запасы каменных углей Украины представлены длиннопламенными (29,0 %), длиннопламенными газовыми (15,1 %), газовыми (17,9 %), жирными (5,9 %), коксовыми (4,5 %), отошенно-спекающимися (2,1 %) углями и антрацитами (13,8 %) [1]. Запасы коксующихся углей составляют 29,1 % от общих балансовых и представлены в основном следующими марками: Г – 42,9 %; Ж – 17,9 %; К – 15,2 %; ОС – 7,3 % [1]. Таким образом, основная доля запасов приходится на малометаморфизированные слабоспекающиеся угли.

Повышение доли малометаморфизированных слабоспекающихся марок углей в составе угольной шихты, идущей на коксование, негативно отражается на качестве кокса. В связи с этим ряд коксохимических предприятий внедрили в технологический процесс подготовки угольной шихты специальные методы, позволяющие повысить долю таких углей в ее составе без ухудшения качества кокса. Так, например, на ПАО «Алчевский МК» внедрена технология подготовки угольной шихты путем ее трамбования [2]; на ПАО «Ясиновский коксохимический завод» – технология термической подготовки угольной шихты [3]; на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» была внедрена технология частичного брикетирования шихты [4], однако в последующем предприятие отказалось от ее использования.

Зарубежные предприятия, производящие каменноугольный кокс, с целью расширения сырьевой базы, интенсификации процесса коксования и улучшения качества кокса так же освоили

специальные методы подготовки угольной шихты. Основным направлением в этом плане является термическая подготовка углей и угольных шихт [1], а также совмещенные процессы термической подготовки и уплотнения [1, 5]. Примером могут служить такие процессы, как "Coaltek" (США), "Precarbon" (Германия), DAPS (Япония), SCOPE 21 (Япония).

Таким образом, применение специальных методов подготовки угольной шихты позволило повысить долю малометаморфизированных слабоспекающихся углей до 60 % [2], увеличить насыпную плотность шихты, а тем самым и производительность коксовых печей, уменьшить расход тепла на коксование и при этом сохранить высокое качество кокса.

Для получения качественного кокса важную роль играет и способ коксования. В работе [6] проведен анализ технологий производства кокса в печах рекуперативного типа и с улавливанием побочных продуктов коксования. Он показал, что получение кокса высокого качества возможно по обоим технологиям, однако выбор должен осуществляться индивидуально для конкретного случая, а определяющими факторами, в основном, служат финансовые, энергетические и экологические составляющие.

Исходя из вышесказанного, представляет интерес изучение влияния на качество кокса некоторых способов подготовки каменноугольной шихты и способ ее коксования, что и послужило предметом данной работы.

Для исследования опытные шихты подготавливались с использованием технологии трамбования и термической подготовки. Необходимо отметить, что термической обработке подвергались только угли марки "Г" и происходила она в высокочастотном электромагнитном поле (подробное описание подготовки проб дано в работах [7, 8]).

Высокочастотной обработке подвергали газовый уголь крупностью 3-6 мм. Внесение в

состав шихты большого количества компонента такой крупности может привести к сегрегации угольной шихты. Поэтому была составлена шихта, содержащая термически подготовленный газовый уголь, подробленный до фракции < 3 мм [8].

Коксование опытных шихт производили в лабораторных печах с улавливанием побочных продуктов коксования (рис., а) и с рекуперацией тепла (рис., б). Конечная температура процесса составляла 1000 °С, продолжительность 360 мин. Составы шихт и свойства полученных опытных коксов, приведены в таблице.

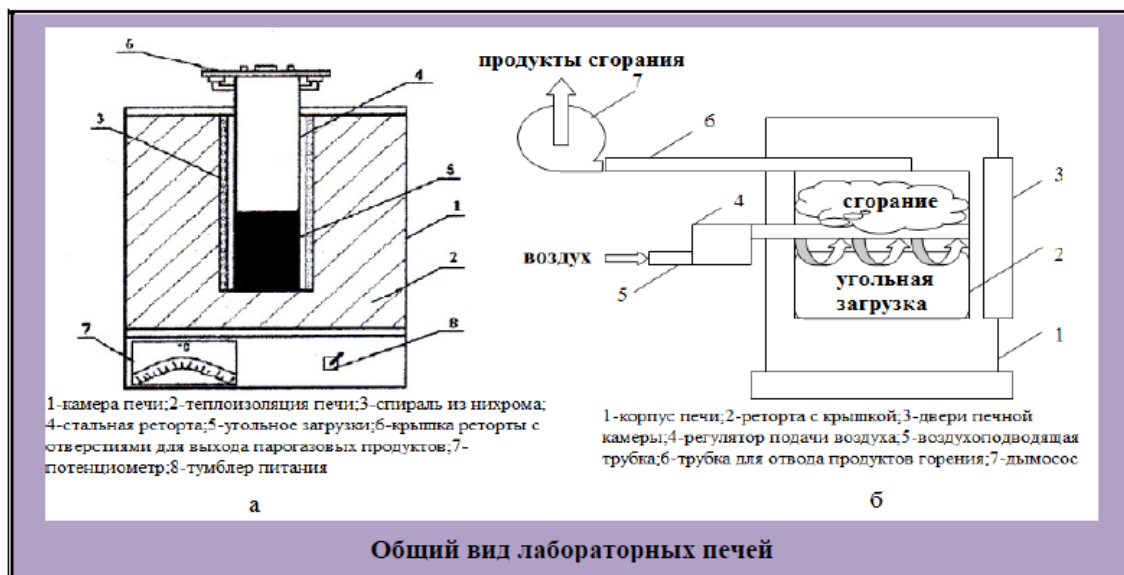
Анализируя полученные данные, необходимо отметить, что кокс, полученный по рекуперативной технологии, по своим качественным характеристикам превосходит кокс, полученный традиционным способом.

Происходящие внутримолекулярные изменения органической массы газовых углей при термической подготовке в высокочастотном электромагнитном поле [9], а также наличие дополнительного уплотнения (путем трамбования) угольной загрузки позволили повысить качество кокса по физико-механическим показателям (структурная прочность, абразивная твердость). Так, для кокса, полученного по традиционной технологии, эти показатели повысились соответственно на 2,2 % и 7 %, а по рекуперативной – соответственно на 5,2 % и 10 %. По-видимому, создание повышенного давления в угольной загрузке способствует образованию дополнительного количества жидкоподвижных продуктов из газообразных, что в сочетании с термической подготовкой способствует лучшей пластификации угольных зерен и соответственно лучшему их спеканию. Следовательно, образование более однородной пластической массы предопределяет повышение прочностных характеристик.

## Опытные данные

№ пробы кокса	Состав шихты, %	Выход кокса, %	Гранулометрический состав кокса, %				Прочность структурная по Грязнову, %	Твердость абразивная по Гинзбургу мг	УЭС, Ом×см	Скорость газификации, г/мин	S <sub>t</sub> <sup>d</sup> , %
			>20	20 - 10	10 - 5	< 5					
Кокс, полученный по традиционной технологии											
1	Г – 60 Ж – 20 ОС – 10 Т – 10	70,9	90,7	1,1	3,1	5,1	83,8	104	2,4	0,021	1,08
2	Г <sup>1</sup> – 60 Ж – 20 ОС – 10 Т – 10	71,7	95,5	1,3	1,1	2,1	86,0	108	2,3	0,020	0,93
3	Г <sup>1</sup> – 70 Ж – 10 ОС – 10 Т – 10	70,7	87,8	2,4	1,3	8,5	84,9	104	2,1	0,020	0,82
4	Г <sup>2</sup> – 70 Ж – 10 ОС – 10 Т – 10	72,2	97,0	0,1	0,4	2,5	85,5	112	2,0	0,019	0,92
5	Г <sup>1</sup> – 80 ОС – 10 Т – 10	70,5	76,6	6,2	4,6	12,6	79,9	98	2,2	0,022	0,76
Кокс, полученный по рекуперативной технологии											
6	Г – 60 Ж – 20 ОС – 10 Т – 10	67,9	56,4	2,6	4,7	36,3	82,6	122	2,3	0,020	1,04
7	Г <sup>1</sup> – 60 Ж – 20 ОС – 10 Т – 10	70,1	68,7	3,2	4,1	24,0	87,2	127	2,1	0,020	0,92
8	Г <sup>1</sup> – 70 Ж – 10 ОС – 10 Т – 10	70,5	48,7	2,5	13,7	35,1	87,4	133	2,3	0,019	0,86
9	Г <sup>2</sup> – 70 Ж – 10 ОС – 10 Т – 10	72,5	74,2	0,5	0,7	24,6	87,8	135	2,0	0,018	0,80
10	Г <sup>1</sup> – 80 ОС – 10 Т – 10	70,9	50,0	1,0	9,7	39,3	84,2	124	2,4	0,020	0,70

Примечание: Г<sup>1</sup> – термически подготовленный газовый уголь фракции 3-6 мм; Г<sup>2</sup> – термически подготовленный газовый уголь фракции 3-6 мм, дробленый до фракции < 3 мм.



Важно отметить, что снижение крупности термически обработанного газового угля с дальнейшим трамбованием способствует лучшему усреднению угольной загрузки и, как следствие, исключению сегрегации угольных частиц. В результате этого больше используется спекающийся потенциал шихты, что способствует повышению выхода крупных классов крупности кокса (>20 мм): по традиционной технологии – на 17,8 %; по рекуперативной – на 6,7 %; а также снижению мелких классов крупности (<5 мм): по традиционной технологии – на 2,6 %; по рекуперативной – на 11,7 %. Исходя из этого, равномерность гранулометрического состава угольной шихты дает возможность повысить долю малометаморфизированных слабоспекающихся углей до максимума (в лабораторных условиях до 70 %) и получить кокс с более совершенной структурой, о чем свидетельствует снижение удельного электросопротивления на ~ 15 %, а так же скорости газификации на 10 %.

Не менее важным моментом представляется снижение содержания серы в коксе. Влияние высокочастотной электромагнитной обработки на газовый уголь в процессе термичес-

кой подготовки, по-видимому, сопровождается частичным разложением органических серосодержащих веществ. Таким образом, введение в состав шихты термически подготовленных газовых углей позволило снизить сернистость кокса на 20 % (относительных).

Выполненные исследования подтвердили, что для вовлечения большего количества малометаморфизированных газовых углей в сырьевую базу коксования необходимо использовать специальные методы подготовки углей и угольных шихт. В частности, решить данную задачу позволит применение термической подготовки слабоспекающихся углей в высокочастотном электромагнитном поле с дальнейшим трамбованием шихты.

#### Библиографический список

1. *Справочник коксохимика. Т. 1. Угли для коксования. Обогащение углей. Подготовка углей к коксованию* / [под ред. Л.Н.Борисова, Ю.Г.Шаповала]. – Харьков: ИД ИНЖЭК, – 2010. – 536 с.

2. *Ковалев Е.Т. Теория и практика производства доменного кокса высокого качества*

из трамбованных шихт пониженной спекаемости / **Е.Т.Ковалев, Ю.С.Васильев, В.М.Кузниченко** [и др.] // Углехимический журнал. – 2009. – № 3-4. – С. 24-30.

3. **Чаленко В.И.** ПАО «ЯКХЗ»: история, инновации, модернизация, успех / **Виктор Иванович Чаленко** // Углехимический журнал. – 2013. – № 6. – С. 3-11.

4. Технология коксования частичного брикетирования шихты на батареях № 5, 6 Криворожского коксохимического завода // Технологическое задание / НИР-830сп. Харьков: УХИИ, – 1985. – 70 с.

5. **Антонов А.В.** Строительство и эксплуатация коксовой батареи с использованием технологии SCOPE 21 [реф.] / **А.В.Антонов** // ОАО «Черметинформация». Новости черной металлургии за рубежом. – 2010. – № 1. – С. 9-10.

6. **Товсей П.** Сравнение технологий производства кокса рекуперативного типа и с улавливанием побочных продуктов коксования /

**П.Товсей, Я.Камерон, Я.Гордон, А.Красавцев** // Кокс и химия. – 2013. – № 1. – С. 8-17.

7. **Старовойт А.Г.** Исследование влияния микроволновых воздействий на термopластические свойства газовых углей / **А.Г.Старовойт, Е.И.Малый, М.С.Чемеринский** // Черная металлургия. – 2009. – № 5. – С. 21-25.

8. **Чемеринский М.С.** Усовершенствование способов подготовки угольных шихт для процесса коксования / **М.С.Чемеринский, А.Г.Старовойт, Е.И.Малый** // Кокс и химия. – 2012. – № 7. – С. 26-29.

9. **Старовойт А.Г.** Влияние различных способов подготовки углей и угольных шихт на качество кокса. Сообщение 2. Теоретическая часть / **А.Г.Старовойт, Е.И.Малый, М.С.Чемеринский** // Углехимический журнал. – 2013. – № 2. – С. 51-56.

Рукопись поступила в редакцию 05.06.2014