

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ  
ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ УГЛЕЙ И  
УГОЛЬНЫХ ШИХТ НА КАЧЕСТВО КОКСА.  
Сообщение 1. Экспериментальная часть**

© 2012 Старовойт А.Г., д.т.н.,  
Малый Е.И., к.т.н.,  
Чемеринский М.С. (НМетАУ)

---

*В статье проанализированы различные способы термической подготовки углей и угольных шихт, а так же проведены испытания опытных образцов кокса, полученных из углей, термически подготовленных с использованием СВЧ-излучения.*



*The article analyzes the different ways of thermal preparation of coal and coal blends, as well as tests of experimental samples of coke obtained from coals, which was heat-prepared using microwave radiation.*

Ключевые слова: уголь, термическая подготовка, температура, скорость нагрева, гранулометрический состав, СВЧ-излучение.

Современная технологическая реализация процесса термической подготовки угля и угольных шихт осуществляется в специальных сушильных аппаратах путем передачи тепла от теплоносителя к угольной загрузке [1]. Основным источником тепла может служить как газ-теплоноситель [2], так и твердый теплоноситель – кокс [3]. При использовании газового теплоносителя существует вероятность окисления и перегрева отдельных угольных частиц, что впоследствии существенно отражается на снижении спекающей способности подготавливаемого материала.

Использование в роли теплоносителя раскаленного кокса не получило широкого применения ввиду снижения качества кокса и уменьшения производительности коксовой батареи в связи с попаданием всей коксовой мелочи в шихту. Так после проведения серий опытов способ вообще прекратил свое существование.

Если обобщить все способы термической подготовки, которые направлены на изменение спекающих свойств малометаморфизированного угля, то к ним можно отнести следующие факторы: температура нагрева, скорость нагрева, крупность частиц.

Исследователи, занимающиеся термической подготовкой углей, определили [4, 5], что улучшение термопластических свойств слабоспекающихся углей происходит в результате внутримолекулярных изменений их органической массы при предварительном нагреве до 200-250 °С. Превышение же заданного температурного режима способствует началу процесса деструкции и ухудшению спекаемости.

Скорость нагрева играет очень важную роль, так как если в предпластичном состоянии медленно нагревать слабоспекающиеся угли, то они могут утратить способность образовывать пластическую массу и как следствие – хорошо спекшийся коксовый остаток.

Как было показано в работе [6], термохимические процессы, протекающие в зернах разного гранулометрического состава, приводят к изменению продуктов термического разложения. Чем крупнее угольная частица, тем более затруднено движение газов. Как следствие, выделившиеся продукты деструкции больше времени находятся внутри зерна и в дальнейшем принимают участие в процессах термохимического разложения. Необходимо отметить, что при существующих способах термической подготовки путем теплопередачи создается опасность перегрева наружных слоев мелких частиц угля; при неполном прогреве их внутренней части.

Для более качественного проведения процесса термической подготовки необходимо учитывать все вышеприведенные факторы.

В настоящей работе исследовался способ термической подготовки угольной шихты к процессу коксования с применением энергии СВЧ-излучения [7]. Достоинством этого способа является то, что при ее осуществлении имеет место объемный нагрев, что создает предпосылки к изменению свойств слабоспекающихся углей на структурном уровне.

Для сравнения были использованы различные способы термической подготовки углей с учетом их термохимических свойств и качества лабораторных коксов.

Исследования относительно влияния СВЧ-излучения на показатели спекаемости по dilatометрическому методу ИГИ-ДМетИ марок углей Г, Ж и К представлены на рис. 1-3.

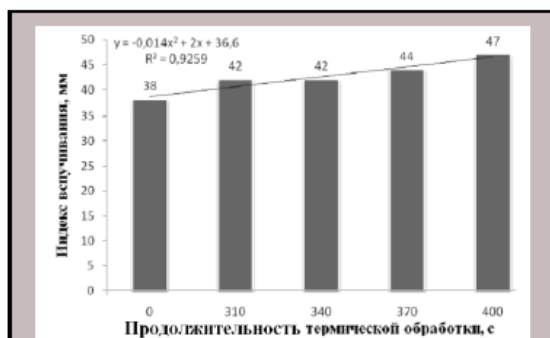


Рис. 1 Зависимость величины индекса вспучивания от продолжительности термической обработки проб газового угля в СВЧ-печи

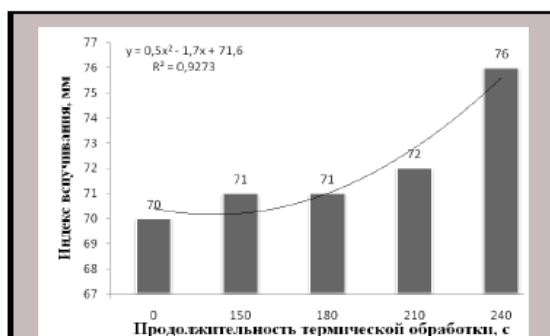


Рис. 2 Зависимость величины индекса вспучивания от продолжительности термической выдержки проб жирного угля в СВЧ-печи

Параметры обработки углей в СВЧ-печи (мощность – 750 Вт, частота излучения – 2450 МГц) были следующими: для газового угля крупностью 3-6 мм продолжительность обработки составляла 310-400 с; для жирного

и коксового крупностью 1-3 мм – 150-240 с. Уменьшение продолжительности обработки жирного и коксового углей объясняется тем, что при превышении 240 с начинается слипание частиц между собой, в результате чего внутри загрузки образуется материал, сходный с полукоксом. Пример получения опытных проб таким же способом описан в работе [8].

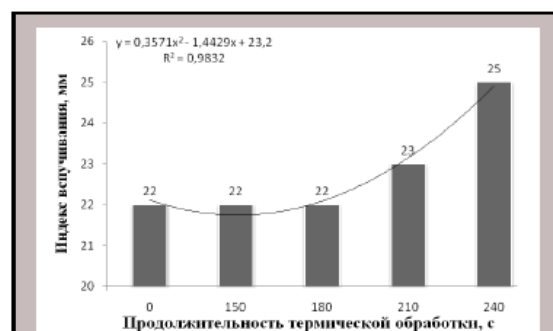


Рис. 3 Зависимость величины индекса вспучивания от продолжительности термической выдержки проб коксового угля в СВЧ-печи

Приведенные на рис. 1-3 данные показывают, что при термической выдержке в камере СВЧ-печи газовых углей до 400 с индекс вспучивания повышается с 38 до 47 мм, а у жирных и коксовых углей при 240 с – соответственно до 77 мм и 25 мм. Поэтому для дальнейших экспериментов мы ограничили продолжительность подготовки газовых углей до 400 с, а жирных и коксовых углей – до 240 с (при сохранении приведенных выше показателей крупности угля и мощности печи).

Было выполнено сравнение описанного способа и термической подготовки в токе газообразного теплоносителя. В табл. 1, 2 охарактеризованы условия подготовки опытных образцов, а в табл. 3 приведены их некоторые характеристики.

Таблица 1

## Параметры термической подготовки с использованием СВЧ-излучения

№	Условное обозначение угля после СВЧ-обработки	Конечная температура, °С	Крупность угольных зерен, мм	Масса обработанной пробы, г	Продолжительность выдержки, с
1	Г <sup>1</sup>	250	3-6	40	400
2	Ж <sup>1</sup>	250	1-3	40	240
3	К <sup>1</sup>	250	1-3	40	240

Таблица 2

## Параметры термической подготовки проб в токе газообразного теплоносителя

№	Условное обозначение угля после обработки в токе газообразного теплоносителя	Конечная температура, °С	Крупность угольных зерен, мм	Масса обработанной пробы, г	Продолжительность выдержки, с
1	Г <sup>2</sup>	250	3-6	40	400
2	Ж <sup>2</sup>	250	1-3	40	240
3	К <sup>2</sup>	250	1-3	40	240

Таблица 3

## Пластометрические показатели исследуемых проб углей

Проба угля	Пластометрическая усадка (x), мм	Толщина пластического слоя (y), мм
Г	30	9
Г <sup>1</sup>	30	13
Г <sup>2</sup>	30	11
Ж	45	25
Ж <sup>1</sup>	42	26
Ж <sup>2</sup>	43	25
К	20	15
К <sup>1</sup>	21	17
К <sup>2</sup>	20	16

Из исходных и термически подготовленных (опытных) проб углей были составлены

шихты (табл. 4), термопластические характеристики которых представлены на рис. 4. Затем эти шихты были подвергнуты коксованию в шахтной печи. После изотермической выдержки при температуре 850 °С в течение 1,5 ч кокс охлаждался. Физико-механические характеристики и значения удельного электросопротивления полученных коксов представлены в табл. 5.

Шихта № 1 – исходная; в состав шихт № 2 и 3 входил газовый уголь, термически обработанный соответственно СВЧ-излучением и газообразным теплоносителем; шихты № 4 и 5 обрабатывали соответственно в СВЧ-печи и в токе газа-теплоносителя, причем продолжительность обработки составляла 240 с (во избежание перегрева жирного и коксового углей).

Таблица 4

Состав шихты для коксования

№ шихты	Состав шихты, %									
	Г	Г <sup>1</sup>	Г <sup>2</sup>	Ж	Ж <sup>1</sup>	Ж <sup>2</sup>	К	К <sup>1</sup>	К <sup>2</sup>	ОС
1	35	-	-	30	-	-	20	-	-	15
2	-	35	-	30	-	-	20	-	-	15
3	-	-	35	30	-	-	20	-	-	15
4	-	35*	-	-	30	-	-	20	-	15
5	-	-	35*	-	-	30	-	-	20	15

\* продолжительность термической обработки 240 с.

Таблица 5

Характеристика полученных коксов

№ шихты	Выход кокса, %	Ситовой состав, %					Прочность структурная по Грязнову, %	Твердость абразивная по Гинсбургу, мг
		>40	40-20	20-10	10-5	5-0		
1	73,5	30,5	57,0	5,6	2,1	4,8	61,2	32
2	78,9	62,0	32,5	0,7	1,1	3,7	69,8	73
3	73,9	13,4	64,3	12,1	4,2	6,0	60,8	50
4	75,0	38,7	47,2	4,6	3,5	6,0	64,7	53
5	76,6	48,2	46,3	-	1,1	4,4	62,6	47

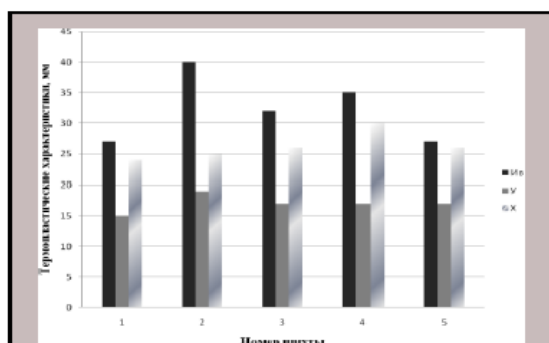


Рис. 4 Термопластические характеристики опытных шихт (мм):

Iv – индекс вспучивания,  
y – толщина пластического слоя,  
x – пластометрическая усадка

Из приведенных данных видно, что исследованные способы осуществления термоподготовки по-разному сказываются на свойствах углей и влияют на характеристики получаемого кокса. Так кокс, полученный из

термоподготовленной шихты и шихты с участием термоподготовленного газового угля в поле СВЧ-излучения характеризуется выходом до 78,9 %, с улучшенной прочностью: структурной – на 8,6 % и абразивной – примерно в 2,5 раза, а также изменением ситового состава. Что касается термической подготовки в токе газообразного теплоносителя, то она отрицательно сказывается на всех изученных параметрах кокса. По-видимому, это связано с частичным окислением шихты во время термообработки в токе газа.

#### Выводы

В результате проведенных исследований нами еще раз отмечено положительное влияние СВЧ-излучения на термопластические характеристики углей в процессе их термической подготовки к коксованию.

Дальнейшие исследования будут направлены на исследование механизма воздействия СВЧ-излучения на структуру углей и на

разработку подобной технологии для условий действующего коксохимического производства.

#### Библиографический список

1. Васильев Ю.С. Опыт промышленного использования термической подготовки угольной шихты перед коксованием / Ю.С.Васильев, А.И.Гордиенко, Г.В.Долгарев // Кокс и химия. – 2008. – № 7. – С. 22-25.

2. Браун Н.В. Перспективные направления развития коксохимического производства / Н.В.Браун, И.М.Глуценко. – М.: Металлургия, 1989. – 272 с.

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

4. Духан В.Н. К вопросу изменения термopластических свойств углей в результате нагрева и сушки шихты перед коксованием / В.Н.Духан, Н.С.Грязнов // Кокс и химия. – 1967. – № 7. – С. 6-12.

5. Гавриков В.В. О влиянии термической подготовки углей перед коксованием на выход кокса / В.В.Гавриков, Л.Г.Синцерова, А.В.Колосов // Кокс и химия. – 1977. – № 3. – С. 12-14.

6. Сперанская Г.В. Научные основы производства формованного металлургического кокса из слабоспекающихся углей / Г.В.Сперанская, Ю.Б.Тютюнников, Л.И.Еркин, П.Я.Нефедов, М.С.Шептовицкий, Э.И.Торяник. – М.: Металлургия, 1987 – 272 с.

7. Пат. 94977 Україна. Спосіб термічної підготовки вугільної шихти до процесу коксування / А.Г.Старовойт, Е.І.Малий, М.С.Чемеринський. – Опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.

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

Рукопись поступила в редакцию 22.12.2011