

УДК 662.71-74

А.Г. Старовойт , М.С. Чемеринский, П.Н. Рафальский, А.А. Шульга

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕЙ РАЗНОЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА НА ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Анотація. У статті розглянуто вплив електромагнітної енергії на вугілля різній стадії метаморфізму. Проведено випробування по електромагнітній обробці вугілля різній стадії метаморфізму з подальшим дослідженням зміни їх технологічних властивостей. Зроблено висновки про вплив електромагнітної обробки на їх характеристики.

Ключові слова: метаморфізм вугілля, електромагнітна енергія, технологічні властивості.

Анотация. В статье рассмотрено влияние электромагнитной энергии на угли разной стадии метаморфизма. Проведены испытания по электромагнитной обработке углей разной стадии метаморфизма с дальнейшим исследованием изменения их технологических свойств. Сделаны выводы о влиянии электромагнитной обработки на их характеристики.

Ключевые слова: метаморфизм углей, электромагнитная энергия, технологические свойства

Annotation. In this paper we examine the effect of electromagnetic energy at a different stage of coal metamorphism. The tests for electromagnetic treatment of coals of different metamorphic stages with further study changes in their technological properties. The conclusions about the impact of electromagnetic treatment on their characteristics.

Keywords: coal metamorphism, electromagnetic energy, technological properties.

Известно [1], что в промышленности тепловое воздействие на материалы органического и минерального происхождения при заданных температуре и времени требует равномерности и управляемости нагрева. Любая попытка интенсифицировать данный технологический процесс, с применением обычных источников нагрева, не представляется возможным из-за ограниченной теплопроводности материалов. В результате, достичь желаемого равномерного нагрева не удастся, и на практике получают перегрев наружных слоев с одновременным недогревом внутренних.

В связи с этим в различных отраслях промышленности внедряются современные разработки науки и техники. К таким можно отнести технологии основанные на использовании электромагнитной энергии. Микроволновый нагрев позволяет реализовать объемный (внутренний) нагрев за счет проникновения электромагнитной энергии вглубь нагреваемого диэлектрического материала. Поглощение диэлектриком электромагнитной волны сопровождается явлением поляризации, что в свою очередь приводит к образованию теплоты в объеме нагреваемого объекта.

В работах [2,3] описан способ термической подготовки малометаморфизированных углей с использованием в качестве теплоносителя электромагнитной энергии. Механизм воздействия электромагнитного поля высокой частоты на угольное вещество, сложный физико-химический процесс, который способствует целому комплексу реакций с разрывом межмолекулярных связей и формированием новых, с использованием образовавшегося в ходе деструкции «свободного» водорода (т.н. частичная гидрогенизация). Следовательно в результате такой (электромагнитной) обработки происходит ряд глубоких внутримолекулярных превращений в органической массе угля, приводящих к изменению его термопластических свойств.

Согласно [4], термической подготовке целесообразно подвергать только малометаморфизированные, газовые угли. Однако, учитывая все качественные внутримолекулярные изменения, происходящие при электромагнитной обработке малометаморфизированных углей, интересен эффект, которого можно достичь при обработке углей средней и высокой стадии метаморфизма.

Необходимо отметить, что каменный уголь относится к разряду диэлектрических материалов [5]. Однако с увеличением содержания углерода в элементном составе, уголь может наряду со свойствами диэлектрика, частично обладать и свойствами проводника (полупроводника), т.е. иметь некоторую проводимость [6]. В связи с этим объемный нагрев угля в электромагнитном поле обуславливается выделением теплоты вследствие поляризации и от возникающего тока проводимости. Попросту говоря, переход углей от низшей стадии метаморфизма к высшей, способствует проявлению свойств полупроводника и соответственно повышению скорости нагрева.

Таким образом, в данной работе исследовали влияние электромагнитной обработки углей разной стадии метаморфизма на их технологические свойства.

Для исследования были взяты опытные образцы угольных концентратов разной степени метаморфизма с крупностью 6-3 мм, которые обрабатывались в специальной микроволновой печи с мощностью электромагнитного поля 750 Вт в течении 240 с. Обработанные пробы угольных концентратов охлаждали до температуры окружающей среды без доступа воздуха (пример обработки приведен в [7]). Подготовленные пробы исследовались на технические, пластометрические и петрографические показатели, а также прочностные свойства. Полученные данные стандартных и обработанных проб угольных концентратов приведены в табл.1.

Таблиця 1

Опытные данные

№ п/п	Марка угля	Примечание	ВИМС, %	Технический анализ, %			Пласто-метрические показатели, мм		Петрографический анализ							
				A ^d	V ^{dat}	S ^d _t	X	Y	R ₀ , %	∑СК, %	ДГ	Г	Ж	К	ОС	Т
1	К	Шахта Северная	50,8	11,1	24,2	0,55	20	15	1,16	65,6	-	2,0	49,0	49,0	-	-
2	К	обработка	19,1	9,4	21,7	0,49	37	11	1,21	56,3	-	-	42,0	56,0	2,0	-
3	ОС	Компания Покахонгас	62,6	7,1	17,9	0,77	5	10	1,55	79,5	-	-	2,0	5,0	88,0	5,0
4	ОС	обработка	15,3	12,6	17,0	0,65	26	7	1,58	56,4	-	-	4,0	2,0	84,0	10,0
5	ГЖ	Абашевская ЦОФ	45,2	9,1	26,0	0,63	14	17	1,18	85,6	-	60,0	38,0	2,0	-	-
6	ГЖ	обработка	10,7	11,1	24,8	0,59	17	16	1,22	77,4	-	46,0	51,0	3,0	-	-
7	КЖ	Компания Oaku north	54,0	8,8	26,1	0,65	13	17	1,18	86,6	-	-	63,0	37,0	-	-
8	КЖ	обработка	14,0	11,7	25,0	0,58	15	17	1,26	80,3	-	-	27,0	70,0	3,0	-
9	ГЖО	ЦОФ Промутольсервис	39,9	7,0	36,6	0,47	39	8	0,72	79,2	9,0	88,0	3,0	-	-	-
10	ГЖО	обработка	24,8	5,5	37,0	0,40	42	9	0,73	74,9	10,0	86,0	4,0	-	-	-
11	Ж	Компания Веллмор	37,5	7,5	32,6	1,06	24	19	1,03	88,0	-	6,0	90,0	1,0	3,0	-
12	Ж	обработка	26,1	6,9	32,8	1,02	32	20	0,99	81,7	-	16,0	84,0	-	-	-
13	ГЖ	Краснолиманская ЦОФ	52,9	8,3	39,8	3,39	50	16	0,85	93,7	-	75,0	19,0	6,0	-	-
14	ГЖ	обработка	29,9	5,0	40,1	3,25	54	16	0,75	88,1	4,0	80,0	16,0	-	-	-
15	КО	Угли Кузбасс	62,5	8,9	19,5	0,34	26	9	1,23	41,0	-	1,0	45,0	43,0	11,0	-
16	КО	обработка	46,0	8,2	19,2	0,28	31	6	1,21	38,5	-	-	49,0	50,0	1,0	-

Проведенные исследования показали, что электромагнитная обработка способствует изменению как технических, так и технологических свойств угля.

В результате разрыва межмолекулярных связей, а так же внутреннего нагрева угольной частицы, начинают выделяться летучие вещества, характерные для первичной стадии газовыделения в процессе коксования. Образование «свободного» водорода, у углей низкой и средней стадии метаморфизма, способствует легкому гидрированию вновь образованных молекулярных осколков. Так выход летучих веществ, у обработанных углей снижается на 0,4 %, при этом происходит снижение сернистости на 0,6 %. При обработке углей высокой стадии метаморфизма сернистость так же снижают, однако выход летучих веществ изменяется в меньшей степени, что обусловлено отличиями в элементном составе углей. По-видимому процессы гидрирования в результате электромагнитной обработки протекают в меньшей мере, либо вообще не происходит.

Что же касается изменения петрографического состава, то можно отметить, что микроволновая обработка углей способствует, в некоторой степени, изменению среднего показателя отражения по витриниту. Данные (R_0 , марочный состав) показывают, что малометаморфизированные угли несколько улучшают свои спекающие и петрографические характеристики (для улучшения свойств в большей мере, возможно, необходим больший период микроволновой выдержки, как в [7]). В ходе микроволновой обработки угля марки "К", также наблюдаются схожие изменения петрографических характеристик (повышение в марочном составе марки "ОС" на 2 %). Таким образом, можно наблюдать изменение марочного состава в сторону повышения стадии метаморфизма практически во всех исследуемых пробах углей.

Интересно отметить, что в процессе проведения исследований, обработанный в электромагнитном поле уголь заметно снизил свою механическую прочность. Данный факт отражается в приложении меньшего усилия при дроблении. Поэтому все подготовленные пробы исследовались на изменение физико-механических характеристик по методу ВИМС. Полученные данные показали, что в результате электромагнитной обработки угли снижают свою способность создавать сопротивление деформации и разрушению при обработке. Вероятно всего в результате объемного нагрева, во время движения влаги от центра к периферии, образуются капиллярные микротрещины и каналы, которые существенно способствуют снижению прочности.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования показали следующее. В процессе микроволновой обработки каменного угля происходит поглощение электромагнитной энергии с преобразованием ее в теплоту в объеме обрабатываемого угля. Образование теплоты связано с поляризацией молекул, радикалов и др. В нашем случае обработке подвергались угли разной стадии метаморфизма. Уплотнение (конденсирование) макроструктуры более метаморфизованных углей способствует улучшению свойств электропроводимости, что в свою очередь повышает скорость передачи тепла внутрь угольного зерна. Поэтому высокометаморфизированные марки углей нагреваются быстрее. Угли же

низкой стадии метаморфизма нагреваются дольше и требуют более длительного периода обработки для проявления положительного эффекта.

Изменение петрографических характеристик углей, прошедших микроволновую обработку, выражено в увеличении доли замеров с большей степенью отражения витринита, ивероятно связано с перераспределением водорода. Воздействие электромагнитной энергии на макромолекулу угля способствует разрыву водородных связей с образованием «свободного» (атомарного) водорода. Его участие в реакциях избирательного гидрирования молекулярных новообразований способствует размягчению угля, образованию жидких продуктов распада, росту толщины пластического слоя [8]. Этот эффект наблюдается у мало- и среднеметаморфизированных углях (ГЖО, Ж). Содержание водорода в таких углях находится в пределах 5,3-6,0% при выходе летучих веществ 29,0-43,0%. Так у данных углей, в некоторых случаях, происходит рост толщины пластического слоя на 12,5%. Угли высокой стадии метаморфизма содержат меньше количество водорода 4,5-5,2% при выходе летучих 18,0-28,8%, что тем самым ухудшает условия гидрирования с одновременным снижением и пластических характеристик.

Таким образом, подвергать электромагнитной обработке угли средней и высокой стадии метаморфизма не целесообразно ввиду снижения их качественных характеристик. Обработка углей низкой стадии метаморфизма способствует улучшению их свойств, а именно: снижению сернистости, повышению термопластических характеристик, снижению физико-механических свойств, повышение степени углефикации. Использование таких углей в составе шихты позволит расширить сырьевую базу коксования, подготовить угольную шихту по схеме ДШ, интенсифицировать процесс производства кокса, способствуя в дальнейшем отразиться на снижении себестоимости кокса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Островский Г.М. и др. Новый справочник химика и технолога. процессы и аппараты химических технологий. Ч.1. - С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. - 848 с.
2. Старовойт А.Г. Влияние содержания в шихте термически подготовленного в микроволновом поле газового угля на качество кокса / А.Г.Старовойт, Е.И.Малый, М.С.Чемеринский // Кокс и химия. - 2012. - № 12. - С. 8-12.
3. Слободской С.А. О механизме диэлектрической сушки каменных углей / С.А.Слободской, А.И.Крюковский // Производство кокса. Сб. науч. тр. УХИНа. - Вып. 2. - М.: Металлургия. 1973. - С. 47-51.
4. Чемеринский М.С. Влияние подготовки и способа коксования угольной шихты на качество кокса / М.С.Чемеринский // Углекимический журнал. - 2014. - № 5-6. - С 58-62.
5. Ван-Кревелен Д.В., Шуер Ж. Наука об угле. - Г.: Госгортехидат. 1960. - 303 с.
6. Глуханов Н.П. Физические основы высокочастотного нагрева. - М.: Машиностроение. 1965. - 80 с.
7. Старовойт А.Г. Влияние различных способов термической подготовки углей и угольных шихт на качество кокса. Сообщение 1. Экспериментальная часть / А.Г. Старовойт, Е.И. Малый, М.С. Чемеринский // Углекимический журнал. - 2012. - № 1-2. - С 9-14.
8. Грязнов Н.С. Основы теории коксования / Н.С.Грязнов. - М.: Металлургия. 1976. - 312 с.