

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ПРОДУКТОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА В КАЧЕСТВЕ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ ЧАСТИ УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ ИЛИ ЕЕ КОМПОНЕНТОВ.
Сообщение 1. Получение брикетов из угольных шихт и концентратов с использованием различных видов углеводородных добавок. Определение качества угольных брикетов и частично брикетированных шихт

© *А.Л. Борисенко¹, И.Д. Дроздник², Ю.С. Кафтан³, Н.А. Десна⁴

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина

Д.А. Кошкаров⁵, А.П. Горбуля⁶, Е.Л. Соловьев⁷

ЧАО «ЕВРАЗ ЮЖКОКС», 51909, Днепропетровская обл., г. Камянское, ул. Вячеслава Чорновола, 1, Украина

¹Борисенко Александр Львович, канд. техн. наук, с.н.с., зам. директора по научной работе и управлению системой качества исследований, e-mail: zd@ukhin.org.ua

²Дроздник Игорь Давидович, канд. техн. наук, с.н.с., зав. угольным отделом (УО), e-mail: vo@ukhin.org.ua

³Кафтан Юрий Степанович, канд. техн. наук, с.н.с., ведущий научн. сотр. УО, e-mail: yo@ukhin.org.ua

⁴Десна Наталья Анатольевна, канд. техн. наук, и.о. зам. зав. УО, e-mail: desnana@ukr.net

⁵Кошкаров Денис Анатольевич, генеральный директор, e-mail: Denis.Koshkarov@evraz.com

⁶Горбуля Алексей Петрович, главный инженер, e-mail: Aleksey.Gorbulya@evraz.com

⁷Соловьев Евгений Леонидович, гл. специалист, e-mail: Evgeny.Soloviev@evraz.com

Показана возможность получения брикетов из угольных шихт и концентратов с использованием в качестве связующего каменноугольной смолы; смеси смолы с кислой смолкой цеха улавливания, полимерами бензолного отделения, смол и масел биохимустановки в соотношении 50:20:20:10; а также отходов из накопителя и термопласта.

Брикетировали 20 % общей шихты или входящих в эти шихты компонентов. Количество добавки к брикетируемой части составляло 5 % при использовании каменноугольной смолы и 8 % при использовании остальных добавок. Давление прессования составило 200 атм. Плотность брикетов была равна 1019 кг/м³. Прочность брикетов на сбрасывание невысокая. Брикеты сохраняли свою форму и размеры только после одного-двух сбрасываний с высоты 1,5 м.

Добавка смолы или смеси смолы с другими продуктами к брикетируемой части практически не изменяет технологических свойств частично брикетированных шихт. Добавка отходов из накопителя несколько повышает содержание серы и выход летучих веществ из частично брикетированной шихты. К повышению выхода летучих веществ приводит также добавка термопласта. Отсутствие заметных изменений технологических свойств частично брикетированных шихт предопределяет положительное влияние на их коксуюемость только повышения насыпной плотности за счет присутствия брикетов в шихте.

Ключевые слова: коксохимическое производство, углеводородные продукты, термопласт, угольные концентраты, угольная шихта, брикетирование, прочность брикетов, свойства частично брикетированных шихт.

В настоящее время начинает возрождаться интерес к использованию технологии частичного брикетирования шихты, позволяющей либо улучшить прочностные характеристики металлургического кокса, либо квалифицированно решить вопрос утилизации неликвидных продуктов коксохимического производства. К числу углеводородных продуктов коксохимического производства, которые могут быть использованы в качестве связующего

* Автор для переписки

для брикетирования, могут быть отнесены каменноугольная смола, пек, фусы, кислая смолка цехов улавливания и ректификации, полимеры бензольного отделения, смолы и масла биохимической установки, а также ряд малотоннажных отходов, образующихся при очистке емкостей для хранения смол и др.

Следует отметить, что имеется ряд работ, посвященных вопросу использования углеводородных продуктов коксохимического производства в качестве связующего для частичного брикетирования шихты. Так в работе [1] в качестве связующих добавок к шихте Карагинского меткомбината были использованы фусы, кислая смолка и их смесь в соотношении 1:1. Количество брикетов составило 22 % от шихты. Для получения брикетов использовали лабораторный пресс. Давление прессования составляло 60 МПа. Количество связующего к общей шихте было равно 1 и 5 %. Коксование в лабораторной печи частично брикетированных шихт показало заметное улучшение показателей дробимости и, особенно, истираемости продукта сравнительно с базовой шихтой. Максимальный эффект был получен при использовании в качестве добавки смеси фусов и кислой смолки в соотношении 1:1.

Результаты работы [2] также показали эффект улучшения показателей качества кокса при использовании в качестве добавок фусов, кислой смолки и их смеси 1:1, но уже для шихты Баглейского КХЗ.

В работе [3] опытно-промышленными коксованиями доказана возможность использования в качестве связующего для частичного брикетирования каменноугольной смолы, фусов, полимеров бензольного отделения, смол и масел после очистки сточных вод на биохимической установке. Количество добавки составило 7-8 % от брикетируемой части шихты. Качество кокса из частично брикетированных шихт с указанными добавками не ухудшилось по сравнению с коксом из производственной шихты.

Всего за период 1992-1993 гг. на установке по брикетированию Криворожского КХЗ было произведено 565 тыс. т брикетов с использованием добавок в количестве 20 тыс. т.

Авторы работы [4] использовали в качестве добавок при брикетировании части шихты и отдельных ее компонентов фусы, кислую смолку, полимеры бензольного отделения и их смеси.

Частичное брикетирование шихты с участием указанных добавок осуществляется на постоянной основе в экструдере производительностью 5 т брикетов в час. Брикеты в дальнейшем присаживаются к готовой шихте.

С учетом вышензложенного, нами в качестве связующих добавок были выбраны: смола каменноугольная, кислая смолка сульфатного отделения (КСУ), полимеры бензольного отделения (ПБО), смолы и масла био-

химустановки (СМБХУ). Кроме указанных продуктов, по просьбе ЧАО «ЕВРАЗ Южжокс» была отобрана проба отходов коксохимического производства из накопителя, принадлежащего заводу.

В связи с тем, что ресурсы связующих, полученных в результате переработки нефти и ее продуктов, практически отсутствуют в Украине, было принято решение испытать в качестве добавки термопласт марки ЗСВ. Термопласт ЗСВ представляет собой водный раствор смеси натриевых и полиалкеленоксидных производных полиметиленафталин сульфокислот и производных гликозидов. Он является связующей добавкой при производстве металлургических брикетов различного назначения и обладает рядом свойств, которые дают основание считать возможным его использование в качестве добавки при брикетировании [5].

Для проведения работы нами были проведены комплексные исследования 7 проб угольных концентратов, входящих в сырьевую базу ЧАО «ЕВРАЗ Южжокс». Наименования угольных концентратов, их марочная принадлежность в соответствии с удостоверениями, а также технологические свойства и петрографические характеристики представлены в таблицах 1 и 2. Анализ приведенных в табл. 1 данных показывает, что представленные угольные концентраты преимущественно неокислены, а показатель окисленности Δt не превышает величины 6 °C (определение проводили в соответствии с ДСТУ 7611:2014 «Вугілля кам'яне. Метод визначення окиснення та ступеня окиснення»). Исключением является уголь ОФ «Распадская» марки ОС (показатель Δt составляет 10 °C).

Зольность изученных углей колеблется в пределах 6,9-9,0 %. Содержание серы невысокое и изменяется в интервале значений 0,45-0,74 %. Выход летучих веществ и толщина пластического слоя соответствуют указанной в удостоверении марочной принадлежности.

Петрографический состав углей заметно различается. Так, угли ОФ «Абашевская», ОФ «Щедрухинская», ОФ «Распадская» и шахты Усковская марки ГЖ являются петрографически однородными. Содержание микрокомпонентов группы витринита у них составляет 85 – 91 %, а содержание мацералов группы инертинита 8-12 %. В то же время коксовый уголь «Польша-50» и угли ОФ «Распадская» марок КС и ОС имеют низкое содержание витринита в пределах 53-59 % и очень высокое содержание мацералов группы инертинита – 38-47 %. Средний произвольный показатель отражения витринита всех углей, кроме угля ОФ «Распадская» марки ОС, соответствует нормируемым значениям для соответствующих марок углей.

В рефлектограммах витринита исследованных углей, кроме углей марок КС и ОС ОФ «Распадская», присутствуют составляющие двух или трех смежных стадий метаморфизма, причем содержание одной из

стадий, как правило, превалирует и составляет от 67 до 92 %, что свидетельствует об однородности мацералов группы витринита. В то же время в витрините углей марок КС и ОС ОФ «Распадская» в заметных количествах содержатся составляющие, резко различающиеся по стадии метаморфизма, что свидетельствует о засорении их углями других марок.

Подводя итоги рассмотрения результатов исследования технологических свойств и петрографических характеристик исследованных углей, можно констатировать, что сырьевая база завода включает ряд петрографически неоднородных углей с повышенным содержанием неспекающихся мацералов группы инертинита и окисленный уголь ОФ «Распадская» марки ОС.

Таблица 1

Технологические свойства угольных концентратов

Наименование пробы	Марка угля по удостоверению	Технический анализ, %					Пластометрические показатели, мм		Показатель окисленности $\Delta t, ^\circ\text{C}$
		W^a	A^d	S_t^d	V^d	V^{daf}	x	y	
ОФ «Абашевская»	ГЖ	1,7	6,9	0,44	35,0	37,6	30	15	1
Ш. Усковская, отсев	ГЖ	2,4	8,0	0,41	35,3	38,3	34	14	3
ОФ «Распадская»	ГЖ	1,6	8,1	0,57	33,8	36,8	33	17	3
ОФ «Щедрухинская»	Ж	1,3	6,9	0,74	32,6	35,0	1	32	2
Польша-50	К	0,9	7,6	0,53	21,6	23,1	18	12	6
ОФ «Распадская»	КС	1,4	9,0	0,45	15,9	17,5	21	9	6
ОФ «Распадская»	ОС	1,9	8,2	0,56	18,7	20,3	33	9	10

Таблица 2

Петрографические характеристики угольных концентратов

Наименование пробы	Марка угля по удостоверению	Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний произвольный показатель отражения витринита, % R_o	Стадии метаморфизма витринита, %											
								0,50-0,79	0,80-0,89	0,90-1,19	1,20-1,49	1,50-1,69	1,70-2,59	Марки угля, условно соответствующие стадиям метаморфизма витринита					
								ДГ+Г	ГЖО+ГЖ	Ж	К	ОС	Т/А	ДГ+Г	ГЖО+ГЖ	Ж	К	ОС	Т/А
ОФ «Абашевская»	ГЖ	Vt	Sv	I	L	Σ ОК	0,76	77	23	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ш. Усковская, отсев	ГЖ	87	0	11	2	11	0,73	92	8	0	0	0	0	0	0	0	0		
ОФ «Распадская»	ГЖ	90	0	9	1	9	0,79	59	34	7	0	0	0	0	0	0	0		
ОФ «Щедрухинская»	Ж	85	0	12	3	12	0,87	10	67	23	0	0	0	0	0	0	0		
Польша-50	К	91	0	8	1	8	1,23	0	6	13	81	0	0	0	0	0	0		
ОФ «Распадская»	КС	59	1	37	3	38	1,40	0	3	7	66	24	0	0	0	0	0		
ОФ «Распадская»	ОС	53	2	45	0	47	1,23	2	5	23	70	0	0	0	0	0	0		

Таблица 3

Физико-химические характеристики продуктов как связующего для брикетирования шихты

Показатель, единица измерения	Наименование продукта (№ пробы)					
	Смола к/у	ПБО	КСУ	Смолы и масла БХУ	Отходы из накопителя	Термопласт
Внешний вид	Вязкая темная жидкость с характерным запахом	Вязкая темная жидкость с характерным запахом	Твердая масса черного цвета	Подвижная темная жидкость с характерным запахом	Вязкая темная жидкость с характерным запахом	Жидкость коричневого цвета со специфическим запахом, характерным для веществ растительного происхождения
Массовая доля воды, %	29,7	0,3	7,6	84,8	33,6	49,3
Массовая доля водорастворимых соединений (ВРС), %	-	-	13,0	1,5	38,8	96,2 (49,1 на водное состояние)
Кислотность (на серную кислоту), %	-	-	1,65	-	12,8	-
Массовая доля серы*, %	0,54/0,77 ^{бв}	0,66/-	5,01/5,44 ^{бв}	0,85/5,7 ^{бв}	0,76/1,15 ^{бв}	Не обнаружено
pH водной вытяжки	8,01	4,46	2,02	8,00	1,57	5,56
Зольность, %	1,15	0,3	0,25	8,4	4,9	8,5
Массовая доля ионов натрия, %	-	-	-	-	0,7	0,65
Массовая доля летучих веществ, %	83,41	79,59	63,16	97,78	80,0	87,84
Вязкость условная, с, C ₃₀ ¹⁰	5,9	5,9	При 30°C твердое**	1,08	При 30°C не текучее	2

*В числителе дроби указана массовая доля серы, рассчитанная без учета содержания воды, в знаменателе – на безводное состояние продукта.

**КСУ начинает размягчаться при 45°C, становится более мягкой в промежутке температур 55-65°C, разжижается при 70-80°C.

Для получения брикетов из угольной шихты с использованием коксохимического связующего в качестве последнего использовались продукты, наименование которых и качественные характеристики представлены в табл. 3. Указанные в табл. 3 добавки были проанализированы по наиболее важным физико-химическим показателям, влияющим на прочность угольных брикетов и технологические параметры процесса коксования, а именно: массовая доля воды, водорастворимых соединений (ВРС), серы и ионов натрия, выход летучих веществ, кислотность, зольность, pH водной вытяжки, вязкость условная.

Как видно из данных табл. 3, большинство продуктов имеет значительное содержание воды (29,7-84,8 %). Кислотность характерна для КСУ и отходов из накопителя (pH водной вытяжки 1,57-2,02). Зольность продуктов невысокая, максимальное значение ее у смол и

масел БХУ, отходов из накопителя и термопласта (4,9-8,5 %).

Вязкость условную определяли по ГОСТ 11503-74 «Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости» при температуре 30°C и отверстии цилиндра вискозиметра диаметром 10 мм. При указанных условиях удалось измерить вязкость лишь для четырех продуктов: смолы каменноугольной, ПБО, смол и масел БХУ и термопласта. Кислая смола улавливания при температуре окружающей среды твердая, при нагревании до температуры 30 °C не расплавляется. Как показали исследования, она начинает размягчаться при температуре 45 °C и становится текучей при температуре 75 °C. Поэтому условную вязкость измерить не представлялось возможным. Отходы из накопителя при температуре 30 °C имели очень высокую вязкость, поэтому результат не получен. Необходимо отметить, что

отходы из накопителя не обладают постоянными характеристиками качественных показателей и при повторных отборах проб значения не воспроизводятся.

С учетом результатов исследования, в качестве связующего для получения угольных брикетов использовали поочередно 4 продукта:

- смола каменноугольная (КУС);
- отходы из накопителя;
- смесь, состоящая из, % по массе: КУС – 50; ПБО – 20; КСУ – 20; смол и масел БХУ – 10;
- термопласт.

Содержание добавки КУС в брикетируемой части шихты было принято на уровне 5 %, а трех остальных добавок – 8 %. Брикетированию подвергали 20 % угольной шихты.

Угольную шихту или смесь отдельных компонентов, входящих в шихту, измельчали до содержания класса 3-0 мм, равного 80 %. Затем шихту или смесь отдельных компонентов расстилали на противне тонким слоем и наносили связующее методом распыливания, после чего перетирали угольный материал со связующим для равномерного распределения последнего в объеме пробы.

Полученную обмасленную шихту или смесь углей подвергали брикетированию на лабораторном прессе при давлении 20 МПа. К сожалению, повысить давление прессования свыше 20 МПа на лабораторном прессе

не представляется возможным. В связи с этим отсутствовала возможность повысить в случае необходимости прочность получаемых брикетов. Полученные брикеты имели диаметр 50 мм, а высота их составляла 10 мм. Разовая загрузка в пресс-форму была равна 20 г. Таким образом, плотность брикетов составила 1019 кг/м³.

При применении метода брикетирования были использованы два различных подхода.

Первый – брикетирование 20 % общей шихты, смешение полученных брикетов с остальной шихтой и коксование этой смеси.

Второй – брикетирование 20 % малометаморфизованных и слабоспекающихся углей высокой стадии метаморфизма, входящих в состав общей шихты, смешение брикетов с оставшейся частью компонентов шихты и коксование этой смеси.

Сравнительно невысокое (20 %) количество угольного материала, идущее на брикетирование, обусловлено весьма ограниченным количеством углеводородсодержащих отходов коксохимического производства.

Для проведения исследований были приняты два состава угольных шихт (табл. 4), в которых использовали угли, входящие на постоянной основе в сырьевую базу завода. Результаты исследования указанных углей приведены в табл. 1-2.

Таблица 4

Марочный состав опытных угольных шихт

Марка	Состав шихты, %	
	В-1	В-2
ГЖ + Ж	51	51
К + ОС	37	22
КС	12	27

Технологические свойства и петрографические характеристики опытных шихт приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Технологические свойства опытных угольных шихт

Вариант шихты	Технический анализ, %					Пластометрические показатели, мм		Индекс основности, ед.
	W ^a	A ^d	S _t ^d	V ^d	V ^{daf}	x	y	
1	1,6	7,6	0,52	26,6	28,7	25	15	3,37
2	1,1	8,3	0,56	25,4	27,8	27	16	3,75

Как видно из данных, приведенных в табл. 6, шихты характеризуются повышенным содержанием неспекающихся мацералов группы инертинита, которое составляет 25-27 %. В рефлектограммах витринита рассматриваемых шихт содержится повышенное количество (48-50 %) малометаморфизованных составляющих (R₀ < 0,9 %), по стадии метаморфизма соответствующих углям марок ДГ, Г, ГЖО и ГЖ. Содержание составляющих витринита, по стадиям метаморфизма

соответствующих углям марки Ж, крайне мало и равно 12 %. Содержание составляющих витринита, соответствующих углям марки К, составляет 34-35 %. В витрините указанных шихт практически отсутствуют составляющие, по стадии метаморфизма соответствующие углям марки ОС (3-6 %).

Таким образом, вышеизложенное дает основание полагать, что для получения высококачественного металлургического кокса из опытных шихт необходимы

дополнительные технологические приемы подготовки их к коксованию. В связи с этим использование метода частичного брикетирования шихт со связующим, как

показали проведенные ранее исследования, должно способствовать улучшению прочности получаемого кокса по дробимости и истираемости.

Таблица 6

Петрографическая характеристика опытных угольных шихт

Вариант шихты	Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний производный показатель отражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %					
							0,50-0,79	0,80-0,89	0,90-1,19	1,20-1,49	1,50-1,69	1,70-2,59
	Vt	Sv	I	L	Σ ОК	R _o	Марки угля, условно соответствующие стадиям метаморфизма витринита					
						ДГ+Г	ГЖО+ГЖ	Ж	К	ОС	Т/А	
1	73	0	25	2	25	1,03	30	20	12	35	3	0
2	72	1	26	2	27	1,10	24	24	12	34	6	0

В табл. 7 приведены данные о технологических свойствах брикетов из смеси угольных шихт вариантов 1 и 2 с углеводородными добавками.

Как видно из приведенных данных, зольность брикетов практически сохраняется на уровне этого показателя у исходных шихт. Содержание серы в брикетах при использовании в качестве углеводородной добавки

смеси продуктов КУС, ПБО, КСУ и СМБХУ и отходов из накопителя заметно повышается, сравнительно с ее содержанием в опытных шихтах. В случае использования в качестве добавки каменноугольной смолы и термопласта величина содержания серы остается такой же, как и в исходных шихтах.

Таблица 7

Технологические свойства брикетов из смеси угольных шихт и углеводородных добавок

Вариант шихты (вид связующего для брикетов)	Технический анализ, %				Пластометрические показатели, мм	
	A ^d	S _t ^d	V ^d	V ^{daf}	x	y
1 a (смола)	8,0	0,51	27,8	30,3	39	15
1 b (смесь)	7,7	0,75	29,4	31,9	25	15
1 c (накопитель)	7,7	1,18	29,3	31,7	37	14
1 d (термопласт)	8,0	0,48	30,7	33,4	36	14
2 a (смола)	8,5	0,56	27,6	30,3	31	16
2 b (смесь)	8,4	0,73	27,9	30,5	24	15
2 c (накопитель)	8,3	1,21	28,3	30,7	28	14
2 d (термопласт)	8,5	0,57	29,1	31,8	35	14

Толщина пластического слоя шихт мало изменяется при добавлении углеводородных добавок КУС и смеси КУС, ПБО, КСУ и СМБХУ. В тоже время добавки отходов из накопителя и термопласта снижают толщину пластического слоя опытных шихт на незначительную величину 1-2 мм.

С учетом приведенных выше данных о свойствах шихты и брикетов из шихты с углеводородными добавками были рассчитаны показатели технологических свойств смеси, включающей 80 % опытных шихт и 20 % угольных брикетов из этих шихт (табл. 8). Анализ-

руя полученные данные, можно отметить, что показатели технологических свойств частично брикетированных шихт мало изменились сравнительно с исходными шихтами.

Можно отметить при этом, что в шихтах с брикетами несколько вырос выход летучих веществ на величину от 0,3 до 0,9 % в зависимости от использованной добавки. Кроме того, в вариантах шихт с использованием в качестве добавки отходов из накопителя, содержание серы возросло на 0,13 %.

Таблица 8

Технологические свойства опытных шихт с 20 % брикетов

Вариант шихты	Технический анализ, %				Толщина пластического слоя, мм
	A ^d	S _t ^d	V ^d	V ^{daf}	
1 a	7,7	0,52	26,8	29,0	15
1 b	7,6	0,57	27,1	29,3	15
1 c	7,6	0,65	27,1	29,3	15
1 d	7,7	0,51	27,4	29,6	15
2 a	8,3	0,56	25,8	28,2	16
2 b	8,3	0,60	25,9	28,2	16
2 c	8,3	0,69	26,0	28,4	15
2 d	8,3	0,56	26,1	28,5	15

Таким образом, использованные углеводородные добавки в отдельных случаях несколько ухудшили технологические свойства частично брикетированных шихт, но не настолько, чтобы заметно изменить в худшую сторону получаемый из этих шихт кокс. В связи с этим ожидаемый положительный эффект от улучшения прочностных характеристик кокса может быть отнесен только за счет улучшения контакта деструктурирующих зерен и установления между ними прочных химических и физико-химических связей при брикетировании, которое обуславливает прежде всего повышение насыпной плотности шихты и обмасливание поверхности контактирующих зерен остаточного угольного материала.

В табл. 9 приведены данные о прочности угольных брикетов, которая определялась в соответствии с ГОСТ 21289-75 «Брикеты угольные. Методы физических испытаний» путем 4-х кратного сбрасывания на металлическую плиту с высоты 1,5 м. Прочность брикетов оценивали в процентах по отношению оставшихся после сбрасывания брикетов к их исходному количеству. Учитывая, что получаемые брикеты не будут отгружаться другим потребителям, т.е. подвергаться перегрузкам, а будут использоваться непосредственно в месте их получения в углеподготовительном цехе, определяли количество целых брикетов после каждого сбрасывания с высоты 1,5 м.

Таблица 9

Прочность угольных брикетов на сбрасывание, %

Количество сбрасываний с высоты 1,5 м	Вариант, %							
	1 a	1 b	1 c	1 d	2 a	2 b	2 c	2 d
-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1	92,5	85,2	98,8	83,1	98,0	88,6	99,4	91,8
2	70,9	40,0	97,9	53,2	78,4	45,6	98,8	50,3
3	35,9	21,7	93,2	33,5	42,2	25,4	90,9	31,6
4	12,2	11,0	62,3	18,9	20,9	12,1	80,0	11,4

Приведенные в табл. 9 данные указывают на то, что наиболее прочные брикеты получены при использовании в качестве связующего отходов из накопителя. По нашему мнению, в отходах из накопителя в преобладающем количестве присутствует кислая смола цеха улавливания, которая при 30 °С нетекуча. В связи с этим, для введения отходов в шихту в жидком виде их необходимо нагреть до температуры 70-80 °С, при которой начинается активная полимеризация соединений, входящих в кислую смолку, что способствует повышению прочности брикетов.

Принято считать, что количество целых брикетов после 4-х кратного сбрасывания с высоты 1,5 м должно

составлять ≥ 90 %. В этом случае брикеты могут подвергаться транспортированию и перегрузкам в качестве товарного продукта.

Брикеты вариантов 1c и 2c сохраняют требуемую прочность после 3-х сбрасываний. Брикеты с остальными связующими значительно менее прочные, чем указанные выше. Все они сохраняют требуемую или близкую к ней прочность только после одного сбрасывания. После второго сбрасывания целых брикетов остается около половины. Дальнейшее сбрасывание вплоть до 4 приводит практически к полному разрушению брикетов и превращению их в брикетную крошку.

которая также имеет повышенную плотность сравнительно с измельченной шихтой.

Как уже указывалось выше, были испытаны два способа брикетирования. Первый способ был использован для брикетирования части общей шихты вариантов 1 и 2. Второй способ – это брикетирование части (20 %) малометаморфизованных и слабоспекающихся углей высокой стадии метаморфизма, входящих в состав общей шихты варианта 2.

Оценка влияния брикетирования части общей шихты на технологические свойства, как той части шихты,

которая подвергается брикетированию, так и свойства смеси 20 % брикетов и 80 % оставшейся шихты, была приведена ранее. Ниже приводятся результаты брикетирования отдельных компонентов шихты варианта № 2. Состав брикетируемой и вмещающей части приведен в табл. 10.

В брикетируемой смеси содержится 50 % мало метаморфизованного угля ОФ Распадская (марка ГЖ) и 50 % (по 25 % каждого) слабоспекающихся высоко метаморфизованных углей марок КС и ОС ОФ Распадская (табл.10).

Таблица 10

Марочный состав брикетируемой, вмещающей и общей шихт

Марка угля	Брикетируемая часть, %	Вмещающая часть, %	Общая шихта, %
ГЖ + Ж	10,0	41,0	51,0
К + ОС	5,0	17,0	22,0
КС	5,0	22,0	27,0
Всего	20,0	80,0	100,0

Технологические свойства и петрографические характеристики брикетируемой и вмещающей частей

шихты, а также общей шихты вариант 2, приведены в табл. 11 и 12.

Таблица 11

Технологические свойства брикетируемой, вмещающей частей и общей шихты

Смесь углей	Технический анализ, %				Пластометрические показатели, мм	
	A ^d	S _r ^d	V ^d	V ^{dat}	x	y
Брикетируемая часть	8,4	0,46	25,9	28,3	31	14
Вмещающая часть	8,1	0,56	25,7	28,0	22	17
Общая шихта вариант 2	8,3	0,54	25,8	28,1	27	16

Как видно из данных табл. 11 и 12, дифференциация общей шихты на вмещающую и брикетируемую части не привела к резкому различию свойств составляющих общую шихту частей. Такие технологические свойства, как зольность, содержание серы и выход летучих веществ обеих частей весьма близки. В тоже время показатель толщины пластического слоя брикетируемой

части (y = 14 мм) заметно ниже, чем у вмещающей части (y = 17 мм). Петрографические характеристики у обеих частей шихты практически не различаются.

Определяли изменение технологических свойств брикетов из компонентов шихты после добавления углеводородных добавок (табл. 13).

Таблица 12

Петрографические характеристики опытных угольных шихт

Смесь углей	Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний произвольный показатель отражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %					
							0,50-0,79	0,80-0,89	0,90-1,19	1,20-1,49	1,50-1,69	1,70-2,59
	Vt	Sv	I	L	ΣOK	R _o	Марки угля, условно соответствующие стадиям метаморфизма витринита					
							ДГ+Г	ГЖО+ГЖ	Ж	К	ОС	Т/А
Брикетируемая часть	70	1	27	2	28	1,05	30	19	11	34	6	0
Вмещающая часть	72	1	26	1	27	1,07	22	25	12	35	6	0
Общая шихта вариант 2	71	1	26	2	27	1,06	24	24	12	34	6	0

Анализ данных табл. 13 показывает, что зольность брикетов при добавке углеводородного связующего несколько повышается. Содержание серы при добавке смеси и материала из накопителя резко возрастает сравнительно с исходным содержанием серы в брике-

тируемой части. Так, в исходной брикетированной части содержание серы составляло 0,46 %, а после добавки смеси и материала из накопителя оно повысилось до значений, равных 0,73 и 1,17 %.

Таблица 13

Технологические свойства брикетов из части компонентов шихты

Брикеты из компонентов шихты вариант 2 (вид связующего)	Технический анализ, %				Пластометрические показатели, мм	
	A ^d	S _t ^d	V ^d	V ^{daf}	x	y
2 e (смола)	9,1	0,48	27,1	29,8	32	17
2 f (смесь)	8,6	0,73	27,6	30,2	31	17
2 g (накопитель)	8,7	1,17	27,9	30,5	34	14
2 h (термопласт)	9,1	0,59	29,7	31,9	35	14

Заметно возрос выход летучих веществ – от 29,8 до 31,9 % в ряду брикетов с добавкой смолы, смеси смолы, КУС, ПБА, СМБХУ, материала из накопителя и термопласта. В исходной брикетированной части выход летучих веществ составил 28,3 %. При добавке смолы и смеси, содержащей 50 % смолы, заметно возрастает толщина пластического слоя: с 14 мм у исходной шихты до 17 мм. Добавка материала из накопителя и термопласта не изменяет толщину пластического слоя смеси брикетированной части и указанных добавок сравнительно с исходным значением этого показателя.

Таким образом, воздействие различных типов добавок неоднозначно сказывается на технологических свойствах брикетированной части шихты. Однако, учи-

тывая малое количество брикетированной части шихты, влияние добавок на свойства шихты в целом будет в 5 раз меньше, чем в брикетированной части.

Расчетные значения показателей технологических свойств базовой шихты и смеси 80 % вмещающей шихты и 20 % брикетированной шихты со связующими приведены в табл. 14. Как и прогнозировалось, влияние разного вида добавок не сказалось на зольности и содержании серы (кроме варианта 2 g) опытных шихт. Отмечается устойчивая тенденция роста выхода летучих веществ из опытных шихт. Если в вариантах 2e, 2f и 2g это увеличение незначительно ($\Delta = 0,3-0,5$ %), то в шихте варианта 2h оно составило значительную величину, равную 1,2 %.

Таблица 14

Технологические свойства базовой и опытных шихт с 20 % брикетов

Вариант шихты	Технический анализ, %				Толщина пластического слоя, мм	
	A ^d	S _t ^d	V ^d	V ^{daf}	y	
2 (базовый)	8,3	0,54	25,8	28,1	16	
2 e	8,5	0,53	26,0	28,4	16	
2 f	8,4	0,58	26,1	28,5	16	
2 g	8,4	0,67	26,2	28,6	15	
2 h	8,5	0,55	26,8	29,3	15	

Толщина пластического слоя у опытных шихт вариантов 2g и 2h на 1 мм ниже, чем у базовой, а у шихт вариантов 2e и 2f величина «у» сохраняется на уровне базовой.

Таким образом, как и в случае использования технологии брикетирования части общей шихты, так и в случае брикетирования отдельных ее компонентов, влияние использованных углеводородных добавок на технологические свойства шихты в целом незначительно. Решающее влияние на свойства кокса, получаемого

из частично брикетированных шихт, будет оказывать улучшение контакта угольных зерен в брикетах и рост насыпной плотности шихты в целом.

В табл. 15 приведены данные о прочности угольных брикетов на сбрасывание по ГОСТ 21289-75. Сравнительный анализ данных табл. 15 и 9 показывает, что брикеты, полученные из смеси отдельных компонентов шихты, характеризуются меньшей прочностью на сбрасывание, чем брикеты из общей шихты.

Таблица 15

Прочность угольных брикетов на сбрасывание

Кол-во сбрасываний с высоты 1,5 м	Вариант, %			
	2e	2f	2g	2h
-	100,0	100,0	100,0	100,0
1	91,5	90,1	95,9	82,6
2	75,4	64,5	88,0	44,0
3	50,0	29,8	82,1	19,2
4	33,1	15,0	61,1	10,8

Так, количество целых брикетов, оставшихся после однократного сбрасывания, равно 90 % и более, характерно только для трех вариантов: 2e, 2f и 2g. При дальнейшем сбрасывании количество оставшихся брикетов у всех вариантов ниже 90 %. Объяснением этому может служить тот факт, что в брикетах сосредоточено 50 % малометаморфизованных углей, которые, как известно, характеризуются высокой твердостью и плохой брикетированностью.

Выводы

1. Проведенные исследования показали возможность получения брикетов из концентратов и угольных шихт с использованием углеводородсодержащих продуктов коксохимического производства и термопласта в качестве связующего. При давлении прессования 20 МПа были получены брикеты плотностью 1019 кг/м³.

2. Прочность полученных брикетов на сбрасывание невысокая. Брикеты сохраняют свою форму и размеры только после одного-двух сбрасываний с высоты 1,5 м. В дальнейшем при сбрасывании они образуют брикетную крошку. По нашему мнению, брикеты сразу же после получения должны грузиться на ленту подачи шихты на башню с минимальным количеством перегрузок для обеспечения их максимальной сохранности.

3. Использование в качестве связующего смолы или смеси смолы, полимеров бензольного отделения, кислот смолки и смол и масел биохимической установки практически не изменяет зольность и содержание общей серы частично брикетированных шихт по сравнению с исходными. В то же время добавки отходов из накопителя и термопласта повышают содержание серы и выход летучих веществ из частично брикетированной шихты. Толщина пластического слоя шихт немного повышается при добавлении углеводородных добавок КУС и смеси КУС, ПБО, КСУ и СМБХУ. В то же время добавки отходов из накопителя и термопласта снижают толщину пластического слоя опытных шихт на незначительную величину 1-2 мм.

4. Выявленные различия технологических свойств частично брикетированных шихт по сравнению с исходными невелики. На конечный результат при коксовании частично брикетированных шихт решающее влияние будут оказывать повышение насыпной массы шихты за счет использования брикетов и улучшения контактов деструктурирующих зерен углей.

Библиографический список

1. Васючков Е.И. Исследование возможности использования отходов коксохимического производства в шихте для коксования / Е.И. Васючков, В.Д. Музычук, Л.А. Журавлева [и др.] // Кокс и химия. – 1985. – № 11. – С. 16-18.
2. Браун Н.В. О возможности использования отходов коксохимического производства в качестве связующего при брикетировании угольной шихты / Н.В. Браун, И.М. Глуценко, Н.И. Панченко, А.Ю. Ивченко // Кокс и химия. – 1986. – № 5. – С. 16-19.
3. Крышень И.Г. Использование установки частичного брикетирования шихты для утилизации отходов коксохимического и прокатного производств / И.Г. Крышень, Э.И. Торяник, А.Г. Старовойт, И.З. Шапоха // Кокс и химия. – 1996. – № 5. – С. 25-27.
4. Ильяшов М.А. Возможности использования жидких углеводородсодержащих попутных продуктов коксования в качестве связующего при брикетировании угольной шихты / М.А. Ильяшов, И.В. Золотарев, В.А. Тамко [и др.] // Углехимический журнал. – 2012. – № 5-6. – с. 71-79.
5. Кийк А.А. Внедрение полимерных связующих в производство металлургических брикетов / А.А. Кийк, С.В. Маркова, И.В. Кормина // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – 2013. – № 57 (1030). – С. 31-37.

Рукопись поступила в редакцию 10.12.2017

DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF HYDROCARBON PRODUCTS OF COKING AND ORGANIC SYNTHESIS AS A BINDER FOR BRIQUETTING OF THE PART OF COAL BLEND OR ITS COMPONENTS. Report 1. Obtaining of the briquettes from coal blends and concentrates using various types of hydrocarbon additives. Determination of the quality of coal briquettes and partially briquetted blends.

© A.L. Borisenko, PhD in technical sciences, I.D. Drozdник, PhD in technical sciences, Yu.S. Kaftan, PhD in technical sciences, N.A. Desna, PhD in technical sciences (SE "UKHIN"), D.A. Koshkarov, A.P. Gorbulya, E.L. Soloviev (PrJSC "YEVRAZ YUZHKOCS")

The possibility has been considered of obtaining briquettes from coal blends and concentrates using as a binders the coal tar, mix of tar with acidic tars, polymers of benzene department, tars and oils from the biochemical plant in a ratio of 50:20:20:10, as well as thermoplastic and waste from the storage tank.

It has been briquetted 20 % of the coal blend or some components of blend. The amount of additive to the briquetted part was 5 % when using coal tar and 8 % when using other additives. The pressing pressure was 200 atm. The density of the briquettes was 1019 kg/m³. The strength of briquettes to drop has been quite low. Briquettes retained their shape and dimensions only after one or two drops from a height of 1.5 m.

The addition of the coal tar or a mix of the coal tar with other products to the briquetted part practically does not change the technological properties of the partially briquetted coal blend. The addition of waste from the storage tank slightly increases the sulfur content and the volatile matters yield of the partially briquetted blend. An increasing of the yield of volatile matters is also caused with the addition of a thermoplastic. The absence of noticeable changes in the technological properties of partially briquetted blend determines the positive effect of partially briquetting on coking ability only due to the increasing of the bulk density of the coal blend because of the presence of briquettes.

Keywords: hydrocarbon products of coking, thermoplastic, coal concentrates, coal blend, briquetting, properties of briquettes, strength, properties of partially briquetted blends.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПРОДУКТІВ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА І ОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ ЯК СПОЛУЧНИКА ДЛЯ БРИКЕТУВАННЯ ЧАСТИНИ ВУГІЛЬНОЇ ШИХТИ АБО ЇЇ КОМПОНЕНТІВ. Повідомлення 1. Отримання брикетів з вугільних шихт і концентратів з використанням різних видів вуглеводневих добавок. Визначення якості вугільних брикетів і частково брикетованих шихт.

© А.Л. Борисенко, к.т.н., І.Д. Дроздник, к.т.н., Ю.С. Кафтан, к.т.н., Н.А. Десна, к.т.н. (ДП "УКХІН"), Д.А. Кошкарів, А.П. Горбуля, Е.Л. Соловйов (ПрАТ "ЄВРАЗ ЮЖКОКС")

Показано можливість отримання брикетів з вугільних шихт і концентратів з використанням в якості зв'язуючого кам'янувугільної смоли; суміші смоли з кислото смолкою цеху уловлювання, полімерами бензольного відділення, смол і олів біохімічної установки в співвідношенні 50:20:20:10; а також відходів з накопичувача і термопласту.

Брикетували 20 % загальної шихти або її компонентів. Кількість добавки до частини, яку брикетували, становила 5 % при використанні кам'янувугільної смоли і 8 % – при використанні інших добавок. Тиск пресування складав 200 атм. Щільність брикетів дорівнювала 1019 кг/м³. Міцність брикетів на скидання невисока. Брикети зберігали свою форму і розміри тільки після одного-двох скидань з висоти 1,5 м.

Добавка смоли або суміші смоли з іншими продуктами практично не змінює технологічних властивостей частково брикетованих шихт. Добавка відходів з накопичувача децю підвищує вміст сірки і вихід летючих речовин з частково брикетованої шихти. До підвищення виходу летючих речовин призводить також добавка термопласту. Відсутність помітних змін технологічних властивостей частково брикетованих шихт зумовлює позитивний вплив на їх коксованість тільки за рахунок підвищення насиченої маси внаслідок присутності брикетів в шихті.

Ключові слова: коксохімічне виробництво, вуглеводневі продукти, термопласт, вугільні концентрати, вугільна шихта, брикетування, міцність брикетів, властивості частково брикетованих шихт.