

Газификация казахстанских сланцев и высокозольных углей в барботируемом шлаковом расплаве
Ермагамбет Б. Т.¹, Нурғалиев Н. У.², Шалабаев Ж. А.³, Холод А. В.⁴, Зикирина А. М.⁵

¹Ермагамбет Болат Толеуханұлы / Yermagambet Bolat Toleukhanuly – доктор химических наук, профессор, директор;

²Нурғалиев Нуркен Утеуович / Nurgaliyev Nurken Uteuovich – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник;

³Шалабаев Жарилқасин Аймағамбетович / Shalabayev Zharilkasin Aimagambetovich – старший научный сотрудник;

⁴Холод Андрей Владимирович / Kholod Andrey Vladimirovich – бакалавр техники и технологии, младший научный сотрудник,

Институт химии угля и технологии;

⁵Зикирина Айну́р Мухаметжановна / Zikirina Ainur Mukhametzhanovna – магистр физических наук, преподаватель,

кафедра физики и химии, факультет компьютерных систем и программного обеспечения, Агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

Аннотация: в статье приведено описание по эффективному использованию низкосортных твердых топлив в процессе газификации в барботируемом шлаковом расплаве. Выявлено, что по своим качественным показателям исходным сырьем может служить смесь Кендырлыкского сланца и Сарыадырского угля. Показаны основные преимущественные достоинства данной технологии.

Ключевые слова: сланец, уголь, газификация в шлаковом расплаве, газ, парокислородное дутье.

В связи с интенсивным потреблением нефти и природного газа при ограниченности их легкодоступных ресурсов и истощением запасов, получение жидких углеводородов из альтернативных источников энергии становится актуальной проблемой, решением которой занимаются ученые и специалисты всего мира [1].

Перспективной в области глубокой переработки углеводородного сырья представляется газификация низкосортных твердых топлив для получения различных продуктов: горючего газа, моторных топлив, ценных химических углеводородных соединений, металлов, строительных материалов, брикетов, удобрений.

В настоящее время в Казахстане выявлено 25 месторождений горючих сланцев. Как альтернативные источники энергии хорошие перспективы имеют горючие сланцы Кендырлыкского месторождения, находящегося в Восточном Казахстане, с запасами около 4 млрд тонн [2].

Одним из основных преимуществ горючих сланцев перед другими видами твердых топлив является высокое атомное соотношение Н/С в их органической массе. Данный показатель в некоторых случаях составляет 1,7 (нефть 1,9; уголь 0,4-0,5). У Кендырлыкских сланцев атомное соотношение Н/С составляет 1,18-1,53. Это особенно важно для получения различных жидких углеводородов в синтезе Фишера-Тропша, где мольное соотношение H_2/CO в синтез-газе варьируется в пределах от 1 до 3.

Результаты исследований ученых показывают целесообразность газификации горючих сланцев Кендырлыкского месторождения для получения пиролизного газа, который по своим показателям вполне пригоден для производства полимерных соединений [3].

Среди различных технологий газификации твердых топлив перспективной является безотходная, энергосберегающая и экологичная технология газификации в шлаковом расплаве, барботируемом парокислородным дутьем. Данная технология позволяет перерабатывать низкосортные виды твердых топлив.

Проведенный нами технический и элементный анализы твердых топлив (табл. 1, 2) показал, что в качестве исходного сырья для процесса газификации в шлаковом расплаве приемлемым является использование смеси Кендырлыкского сланца и Сарыадырского угля. Степень превращения смеси органической массы сланца и угля гораздо выше, чем только угля. Выбор данного высокозольного угля обусловлен относительно низким содержанием серы (< 1%) и малым количеством образующихся в процессе газификации смолистых веществ.

Таблица 1. Характеристики Кендырлыкского сланца и Сарыадырского угля

Месторождение	Состав твердых топлив (daf), %	Теплота сгорания, низшая (ккал/кг)
---------------	--------------------------------	------------------------------------

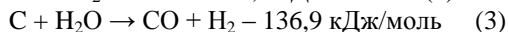
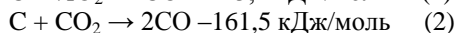
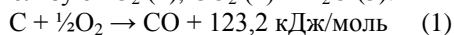
	r_t	W	A	V^{daf}	C^{daf}	O^{daf}	H^d af	N^d af	S^d af	$Q_{сг}$
Кендырлык	9, 34	64,2	20,1	76,8	12,3	9,	1,	0,	1720	
Сарыадыр	2, 94	46,4	27,6	80,4	12,9	5,	0,	0,	3771	

Таблица 2. Характеристика минеральной части (золы) Кендырлыкского сланца и Сарыадырского угля

Содержание, %						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃
Кендырлыкский сланец						
58,2	17,2	7,3	2,3	1,0	10,5	3,5
Сарыадырский уголь						
59,6	14,5	8,2	1,9	1,3	11,7	2,8

Суть данной технологии заключается в организации процесса газификации твердого топлива в объеме собственного жидкого шлака, который барботируется дутьем, обогащенным кислородом.

При этом газификация углеродсодержащего твердого топлива в шлаковом расплаве можно рассматривать как неполное окисление углерода. В качестве окисляющих агентов наиболее часто используют O₂ (1), CO₂ (2) и H₂O (3):



Для получения синтез-газа заданного состава при газификации топлива совместно с воздушным дутьем (обогащенным кислородом) вводится водяной пар, количество которого напрямую зависит от температуры процесса. Чрезмерное увеличение количества H₂O с целью повышения H₂ в продуктах способствует снижению температуры и застыванию шлака. При недостатке H₂O снизится количество H₂ в составе отходящих газов, что снижает возможность получения синтез-газа требуемого состава.

Процесс газификации в шлаковом расплаве осуществляется следующим образом (рис. 1). Сверху в газификатор непрерывно загружают твердое топливо. В шлаковую ванну через боковые фурмы дуют обогащенное кислородом паровоздушное дутье ниже уровня поверхности шлака. При этом расплав, находящийся выше уровня фурм, переходит в барботируемое состояние, характеризующееся высокой интенсивностью перемешивания. Температура в зоне подвода фурмы с дутьем к шихте составляет в интервале 1300-1500 °С Нижняя часть ванны остается в спокойном состоянии. За счет высокой интенсивности перемешивания происходит замешивание частиц ококсованного топлива в объем барботируемой зоны.

Кислород дутья, проходя через шлак, окисляет замешанные в шлаке частицы твердого топлива по реакциям: $2C + O_2 = 2CO$ и $C + O_2 = CO_2$. Кроме O₂ в газификации топлива также участвует специально подаваемый в реактор вместе с дутьем водяной пар: $C + H_2O = CO + H_2$.

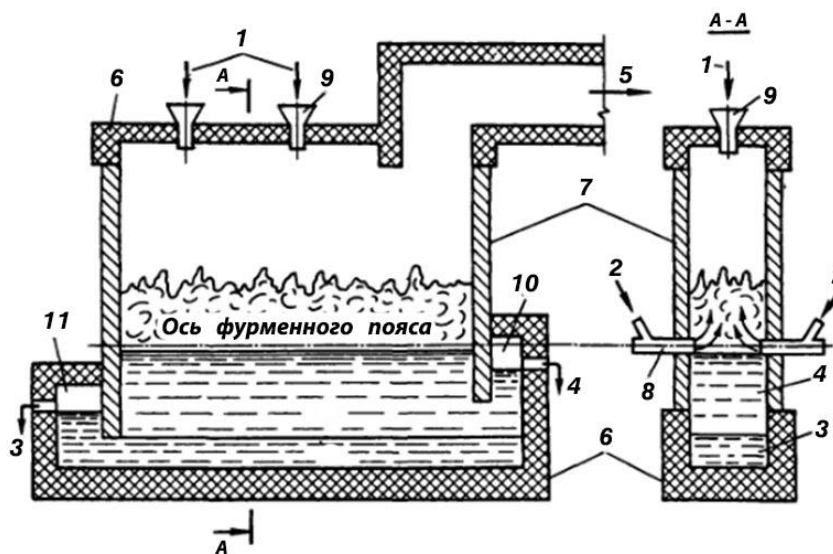


Рис. 1. Схема процесса газификации топлива в шлаковом расплаве.

1 – твердое топливо, 2 – дутье, 3 – металлическая фаза, 4 – жидкий шлак, 5 – газоход, 6 – огнеупорная кладка, 7 – медные литые кессоны, 8 – фурмы, 9 – загрузочная воронка, 10 – сифон шлаковый, 11 – сифон для жидкометаллической фазы

Соотношение CO/CO₂ в генераторном газе может регулироваться технологическими приемами в широких пределах вплоть до получения CO с минимальным содержанием CO₂.

Зола топлива, состоящая в основном из оксидов, растворяется в шлаковом расплаве. По мере образования шлак выводится из газификатора через сифонное устройство. Образующийся металлический сплав также выводится из реактора.

Таким образом, основными достоинствами технологии газификации в барботируемом шлаковом расплаве являются: низкие выбросы азота, серы и пыли (чему способствуют применение O₂ и H₂O); жидкое шлакоудаление; регулирование производительности процесса в широких диапазонах; высокая производительность и быстрый переход от одного вида сырья к другому; безотходность производства и экологическая безопасность данной технологии.

В случае промышленного внедрения данной технологии станет возможным многоцелевая переработка сланцев, низкосортных марок углей и отходов угольной промышленности (угольных шламов, золоотвалов), как минерального сырья для производства из него востребованных на рынке материалов и товаров широкого ассортимента.

Литература

1. Авакян Т. А. Газификация горючих сланцев с целью получения моторных топлив и химических веществ: Дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2013. 147 с.
2. Каирбеков Ж. К., Емельянова В. С., Мылтыкбаева Ж. К., Байжомартов Б. Б. Термокаталитическая переработка бурого угля и горючего сланца месторождения «Кендерлык» // Фундаментальные исследования, 2012. № 9. С. 924-926.
3. Гюльмалиев А. М., Каирбеков Ж. К., Малолетнев А. С., Емельянова В. С., Мылтыкбаева Ж. К. Термодинамический анализ газификации сланца Кендырлыкского месторождения // Химия твердого топлива, 2013. № 6. С. 49-53.

Настоящая публикация осуществлена в рамках научно-технической программы №0020/ПЦФ-15 по теме: «Разработка технологий и создание опытно-экспериментального комплекса по глубокой переработке сланцев Казахстана производительностью по сырью 250 тонн в год», финансируемой комитетом науки МОН РК.