

*д.т.н. Петрушов С. Н.,
к.т.н. Русанов И. Ф.,
Русанова Н. В.*

(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина, Natalka_01@bk.ru)

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ УГЛЕЙ С ВЫСОКИМ ВЫХОДОМ ЛЕТУЧИХ В АГЛОМЕРАЦИИ

В результате сравнения составов различных топлив показана возможность использования в агломерации энергетических углей с высоким выходом летучих веществ и смол после их удаления при низкотемпературном нагреве. Предложена схема подготовки топлива к агломерации и использования выделяющихся при нагреве летучих веществ и смол.

Ключевые слова: энергетические угли, низкотемпературный нагрев, летучие вещества, смола, агломерация.

Одним из важнейших требований к агломерационному топливу является низкое содержание в нем летучих веществ и смол. Это требование обусловлено особенностью процесса горения твердого топлива при агломерации, заключающейся в том, что оно горит послойно, образуя зону горения шириной 20-25 мм с температурой 1300-1500 °С.

Ниже зоны горения располагаются зоны интенсивного нагрева, сушки и переувлажнения шихты.

В зоне интенсивного нагрева температура снижается с 1300°С до 300 – 400°С, а в зоне переувлажнения она не превышает 70 – 80°С [1].

Такое распределение температур приводит к тому, что при применении топлива, содержащего большое количество летучих веществ и смолы, последние в слое не сгорят, а возгонятся и унесутся с отходящими газами. При этом в газовом тракте смолы сконденсируются на поверхности элементов тракта, и пыль, содержащаяся в отходящих газах, осядет на поверхность покрытую смолой. В результате тракт “зарастет”.

В связи с этим требованием, предъявляемому к агломерационному топливу, отвечают лишь мелкий кокс (кокстик) и антрацит марок АШ и АС. Однако в последнее время разрабатываются новые технологии по брикетированию мелкого кокса,

его повторному использованию при производстве кокса, использованию антрацита в доменной плавке. В результате в агломерационном производстве будет и уже ощущается нехватка этих топлив. К тому же стоимость их высока и может еще возрасти при их повышенной востребованности.

Следует также иметь ввиду, что добыча качественных спекающихся газовых, жирных углей и антрацита более чем в два раза превышает их долю в запасах, в то время, как добыча углей марок Б, Д, ДГ и Г меньше их доли в балансовых запасах в 1,2 – 7,4 раза, т. е. структура добычи углей в Украине в настоящее время не соответствует имеющимся запасам. Такое положение отчасти объясняется тем, что низкосортные угли Украины до настоящего времени не находят широкого применения в промышленности, в первую очередь, в черной металлургии, несмотря на то, что расход твердого топлива в агломерационном производстве составляет свыше 3,0 млн. т в год.

В связи с этим возникает потребность в оценке применимости энергетических углей при агломерации и разработке способов их подготовки к процессу.

Основным отличием энергетических (неспекающихся) углей от антрацита является наличие в их составе значительного количества летучих веществ, превышающее их содержание в антраците в 15-20 раз

(табл. 1). Вторым недостатком энергетических углей является повышенное содержание в них минеральных примесей (зола). В результате содержание нелетучего углерода, который является основным горючим компонентом в агломерационной шихте, в этих углях низкое (табл. 1). Как следствие, теплотворная способность этих углей в 1,5-2 раза ниже, чем у антрацитов

Как известно, при термической деструкции угля выделяются конденсируемые и газообразные продукты. К конденсируемым продуктам относятся водяные пары, смолы и непредельные углеводороды.

Содержание смолы в различных углях тесно связано с выходом летучих веществ, – чем их больше, тем больше смолы. Так в антраците, поставляемом на Алчевский металлургический комбинат (АМК), смолы

практически отсутствует. В шихте коксовых печей смолы содержится 3 – 4 %, а в энергетических углях – 4 – 6 %.

При коксовании смола испаряется и уходит из коксовых печей вместе с газом. Концентрация смолы в газе составляет 80 – 150 г/м³.

В современных условиях на производство тонны агломерата расходуется не более 60 кг топлива (коксовой мелочи и антрацита марки АШ или АС). В таком количестве топлива содержится 40 – 45 кг нелетучего углерода. Для обеспечения такого количества углерода в шихте при замене агломерационного топлива энергетическим его расход должен быть в 1,5 – 2 раза выше, т.е. 90 – 120 кг.

Такое количество энергетического топлива внесет в шихту 3-7 кг смолы.

Таблица 1 – Технический анализ и элементарный состав углей

Уголь, марка	Технический анализ				Элементарный состав			
	A ^d	S ^d	V ^d	V ^{daf}	C ^{daf}	H ^{daf}	O ^{daf}	W ^{daf}
Бурый, Б	20-23	4,8-5,0	48-55	62-70	70,4	4,9	18,0	1,2
Длиннопламенный, Д	17-19	2,8-3,5	40-42	50-51	76,0	5,5	11,7	1,6
Газовый, Г	12-18	1,8-2,4	39-41	44-46	80,5	5,4	8,2	1,5
Антрацит, А	6-8	1,5-1,7	2,3-2,5	2,5-2,7	88,9	1,4	1,2	0,7

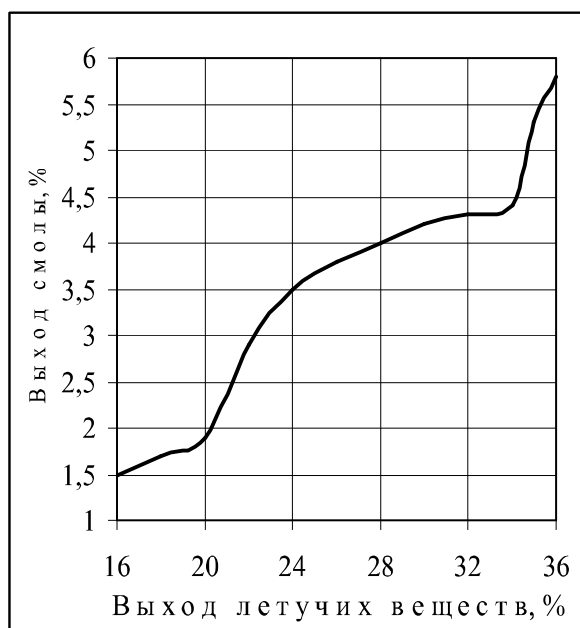


Рисунок 1 – Выход смолы из топлива в зависимости от содержания в нём летучих веществ

Выход летучих веществ из бурых и жирных каменных углей начинается примерно при 150 – 170°, тощих углей и антрацитов ~ 400°C и завершается при высоких температурах – 1100 – 1200°C. Причем основная масса летучих веществ выделяется при нагреве топлива до 500 – 550°C. Выход смолы высокотемпературного коксования составляет 40 – 50% от выхода первичной смолы (смолы полукоксования), или 10 – 15% от выхода летучих веществ.

Учитывая такие особенности поведения каменного угля при его нагревании, простой расчет показывает, что при часовой производительности аглофабрики 500 т/час испарение смолы из шихты составит примерно 1000 – 2500 кг, объем которой будет равен 0,8 – 2,0 м³. Такого количества смолы вполне достаточно, чтобы газовый тракт последних вакуум камер машин “зарос” полностью за 3 – 4 суток их работы.

В таблице 2 приведены составы газов и их выход при нагревании различных твердых топлив [2].

Данные таблицы свидетельствуют, что выделение газов при нагревании твердых топлив происходит при сравнительно низких температурах. По мере увеличения содержания углерода в исходной массе топ-

лива для выделения газов требуется более высокая температура.

В выделяющемся при нагревании бурого угля газе основным компонентом является углекислый газ (его содержится свыше 50 %), и поэтому содержание горючих составляющих невелико (38 – 41 %) Теплота сгорания такого газа 8–10 МДж/м³, что в два-три раза выше, чем доменного.

Основным компонентом газа, выделяющегося при нагревании каменного угля, является метан, и горючих газов в нем содержится от 72 до 80 %. Наибольшее количество горючих газов в продукте разложения газового угля. Теплота сгорания газов выделяющихся при нагреве каменного угля выше, чем у коксового газа на 10–15 МДж/м³ и равна 25 – 30 МДж/м³.

Глубокое разложение органической массы угля, выделение жидких в обычных условиях веществ (смолы) завершается при температуре около 500 – 550 °С.

С учетом теплоты сгорания выделившейся смолы, при сжигании 1 м³ полученного газа количество выделяющегося тепла составит 30 – 34 МДж.

Повышенное содержание золы в энергетических углях не только уменьшает их теплотворную способность, но при агломерации требует введения в шихту дополнительного флюса.

Таблица – 2 Состав и выход газов при нагревании топлив

Вид топлива	Температурные границы нагревания	Потери массы, %	Состав газа, %						
			CO ₂	C ₆ H ₆	C _n H _{2n}	CO	H ₂	CH ₄	N ₂
Молодой бурый уголь	233-320	26,8	55,6	0,6	1,0	24,7	0,3	11,4	6,4
Старый бурый уголь	260-340	31,0	49,3	0,9	0,8	19,5	0	19,5	10,0
Газовый каменный уголь	300-360	12,2	7,3	0,5	1,4	6,0	14,6	57,4	12,3
Тощий каменный уголь	330-400	10,0	6,5	2,6	2,3	4,1	9,7	53,5	21,3
Антрацит	230-475	0,7	4,6	1,3	0,4	2,6	0	70,6	14,8

Основным компонентом золы является кремнезем, - его содержание составляет около 50 % от массы золы. Количество добавляемого основного флюса определяется балансом свободного CaO в шихтовых материалах, который для топлива имеет следующий вид

$$RO_{\phi} \cdot g_{\phi} = -0,01 \cdot RO_T \cdot A \cdot g_T, \quad (1)$$

где RO_{ϕ} и RO_T содержание свободного CaO во флюсе и топливе соответственно, %; A – содержание золы в топливе, %; g_{ϕ} и g_T удельные расходы флюса и топлива, кг.

Содержание “свободного” CaO в материале при заданной основности (B) равно $RO = CaO - B \cdot SiO_2$. Численное значение RO для флюса положительное, а для золы топлива – отрицательное. Знак указывает на избыток или недостаток CaO в материале.

Согласно уравнению (1) расход добавочного флюса на 1 кг топлива равен:

$$\begin{aligned} \frac{g_{\phi}}{g_T} &= 0,01 \cdot \frac{RO_T}{RO_{\phi}} \cdot A = \\ &= 0,01 \frac{CaO_T - B \cdot SiO_{2T}}{CaO_{\phi} - B \cdot SiO_{2\phi}}. \end{aligned} \quad (2)$$

В таблице 3 приведены расчетные значения количества добавочного флюса при использовании рядовых энергетических углей марки Б, Д и Г, и агломерационного топлива марки АС, АШ и КМ.

Проведенный выше анализ показывает, что энергетические угли без их предварительной подготовки не могут использоваться в качестве агломерационного топлива. Подготовка этих марок углей должна включать обогащение и низкотемпературный пиролиз. В результате обогащения содержание золы в углях должно быть снижено до 6 – 8 %. Тогда после выделения летучих веществ и смолы из этих углей содержание золы в твердом остатке будет не больше, чем у коксовой мелочи. При этом и содержание твердого углерода в нем будет примерно такое же, как и в применяемом в настоящее время агломерационном топливе.

Расчет показывает, что, например, для обеспечения аглоцеха АМК твердым топливом низкотемпературному пиролизу должно подвергаться 60 – 80 т в час обогащенного энергетического угля. При этом объем выделившегося газа будет составлять 15 – 18 тыс. м³, сжигание которого позволит получить 450 – 550 тыс. МДж тепла.

Подготовка энергетического топлива к агломерации может быть организована как на коксохимическом заводе, так и непосредственно на аглофабрике.

При подготовке на коксохимическом заводе несколько коксовых камер переводится на низкотемпературный режим пиролиза, а выделяющийся газ отводится в общий газосборник и в дальнейшем перерабатывается совместно с коксовым.

Таблица 3 – Количество добавочного флюса (кг) в расчете на 1 кг топлива (числитель) и на 1 кг твердого углерода (знаменатель)

Топлива	Расход флюса в зависимости от основности агломерата, кг/кг				
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Б	0,32/1,38	0,35/1,50	0,38/1,63	0,41/1,75	0,43/1,87
Д	0,21/0,84	0,23/0,92	0,25/0,99	0,27/1,07	0,29/1,14
Г	0,17/0,76	0,18/0,83	0,20/0,90	0,21/0,97	0,23/1,04
АС, АШ	0,05/0,36	0,06/0,39	0,06/0,42	0,07/0,46	0,08/0,49
КМ	0,15/0,39	0,16/0,46	0,18/0,50	0,19/0,50	0,21/0,53

Такой вариант подготовки топлива наиболее простой и не требует капитальных затрат. Однако при этом аглофабрика вынуждено будет покупать и топливо, и газ по цене производителя, т.е. КХЗ.

Пиролиз энергетического угля может быть осуществлен и на небольших установках непосредственно на агломерационной фабрике. Выделяющийся при этом газ может быть использован для зажигания и внешнего нагрева агломерационной шихты. Обычно на зажигание и внешний нагрев (комбинированный нагрев) шихты расходуется 150 – 400 МДж / т агломерата. В условиях АМК даже при увеличении часового производства агломерата до 700 т на комбинированный нагрев шихты необходимо затратить 105 – 280 тыс. МДж тепла, и для этого потребуется 4 – 9 тыс. м³ получаемого газа, что составляет 30 – 50 % от общего выхода газа. Эта часть газа мо-

жет использоваться без очистки от смол, если газ в зажигательный горн подавать нагретым до температуры, при которой конденсация смолы не происходит. Остальной газ может быть использован для других целей на комбинате после его очистки от смолы.

Учитывая, что калорийность получаемого при пиролизе углей газа высокая, для нагрева угля в установке пиролиза целесообразно использовать низкокалорийный доменный газ.

Таким образом, на основании проведенного анализа, установлено, что энергетические угли, могут рассматриваться как топливо для агломерации после их обогащения и низкотемпературного пиролиза.

В дальнейшем необходимо провести опытные спекания агломерата с использованием подготовленных энергетических углей.

Библиографический список

1. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации / Е.Ф. Вегман. – М.: Металлургия, 1974. – 287 с.
2. Линчевский В.П. Топливо и его сжигание / В.П. Линчевский. – М.: Metallurgizdat, 1959. – 400 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Новохатским А. М.

Статья поступила в редакцию 05.11.13

д.т.н. Петрушов С. М., к.т.н. Русанов І. Ф., Русанова Н. В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна, Natalka_01@bk.ru)

АНАЛІЗ ПРИДАТНОСТІ ВУГІЛЛЯ З ВИСОКИМ ВИХОДОМ ЛЕТКИХ В АГЛОМЕРАЦІЇ

У результаті порівняння різних складів палив показано можливість використання в агломерації енергетичного вугілля з високим виходом летких речовин і смол після їх видалення при низькотемпературному нагріванні. Запропонована схема підготовки палива до агломерації і використання летких речовин і смол, які виділяються при нагріванні.

Ключові слова: *енергетичне вугілля, низькотемпературне нагрівання, леткі речовини, смола, агломерація.*

Petrushov S. N., Rusanov I. F., Rusanova N. V. (DonSTU, Alchevsk, Ukraine, Natalka_01@bk.ru)

ANALYSIS OF THE APPLICABILITY COALS WITH HIGH VOLATILE IN AGGLOMERATION

By comparing the composition of various fuels the opportunity of use in the agglomerations power coals with high volatile matter and tars after removing them low-temperature warming. Proposed scheme for preparation of fuel and use of agglomeration escaping volatile substances during heating and tars.

Key words: *energetic coals, low- temperature warming, volatiles, resin, agglomeration.*