© Ю.И. Кураков, А.М. Безуглов, В.М. Беленченко, 2005

УДК 622.33

Ю.И. Кураков, А.М. Безуглов, В.М. Беленченко

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЙ ПРОЦЕСС В ГОРЯЩИХ ТЕРРИКОНИКАХ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ

Семинар №7

При формировании породных отвалов в них возникают зоны, конвективно снабжаемые кислородом. Если свойства породной массы способствуют ее возгоранию, то в зонах спонтанного разогрева с ростом температуры протекают реакции: [1]

$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$, (1)

$CO + H_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2$, (2)

$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$, (3)

$C + CO_2 \rightarrow 2CO$, (4)

$C + O_2 \rightarrow CO$, (5)

$2C + O_2 \rightarrow 2CO$, (6)

$S + O_2 \rightarrow SO_2$, (7)

$3S + 2H_2O \rightarrow 2H_2S + SO_2$; (8)

Две последние реакции схематически и реально протекают по каналу

$6FeS_2 + 10H_2O \rightarrow 6FeO + 10H_2S + 2SO_2$.

Там где интенсивно идут экзотермические реакции и температура может достигать 1200 °С, имеется реальный вклад реакций с N2:

$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$, (9)

$N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2$. (10)

При этом, в разных частях зоны горения могут превалировать некоторые из перечисленных реакций. Так, диссоциация O_2 и активное участие H_2 в процессе начинается при T ~ 1000 °С.

Поступление H_2O в зону горения может быть связано как с естественной влажностью воздуха, проникающего в отвал в результате конвекции, так и с влагой, поступающей от осадков и искусственного тушения терриконов. Последнее носит случайный характер и описанию поддается лишь условно (или статистически).

Рассмотрим первую возможность. Примем среднюю влажность воздуха ~ 50 %, что соответствует парциальному давлению около 1030 Па, т.е. ~ 1 % от полного. Другими словами, число молекул H_2O будет равно примерно 5 % от числа молекул O_2.

Для описанных реакций можно составить уравнения баланса объемов газов:

$$V_{CO} = V_{CO}^{(1)} - V_{CO}^{(2)} - V_{CO}^{(3)} + V_{CO}^{(4)} + V_{CO}^{(6)},$$

$$V_{CO_2} = V_{CO_2}^{(2)} + V_{CO_2}^{(3)} + V_{CO_2}^{(4)} + V_{CO_2}^{(5)},$$

$$V_{O_2} = V_{O_2}^{B} - \left\{ V_{SO_2}^{(7)} + V_{CO_2}^{(5)} + \frac{1}{2}V_{CO}^{(6)} + \frac{1}{2}V_{CO_2}^{(3)} + V_{NO}^{(9)} + V_{NO_2}^{(10)} \right\},$$

$$V_{N_2} = V_{N_2}^{(B)} - \left\{ \frac{1}{2}V_{NO}^{(9)} + \frac{1}{2}V_{NO}^{(10)} \right\},$$

$$V_{H_2} = V_{H_2O}^{(1)} + V_{H_2O}^{(2)} - V_{H_2S}^{(8)},$$

или, выбрав в качестве параметра объем поступающего кислорода:

$$V_{CO} = \xi_1 V_{H_2O} - \xi_2 V_{H_2O} + V_{CO}^{(4)} + 2\xi_6 V_{O_2} - 2\xi_3 V_{CO}^{3},$$

$$V_{CO2} = \xi_2 V_{H_2O} + 2\xi_3 V_{O_2} - \frac{1}{2}V_{CO}^{(4)} + \xi_5 V_{O_2},$$

$$V_{SO_2} = \xi_7 V_{O_2},$$

$$V_{O_2} = V_{O_2}^{B} - \left\{ \xi_7 V_{O_2} + \xi_5 V_{O_2} + \xi_6 V_{O_2} + \xi_3 V_{O_2} + \xi_9 V_{O_2} + \xi_{10} V_{O_2} \right\},$$

$$V_{N_2} = V_{N_2}^{B} - \left\{ \xi_9 V_{O_2} + \frac{1}{2}\xi_{10} V_{O_2} \right\},$$

$$V_{H_2} = \xi_1 V_{H_2O} + \xi_2 V_{H_2O} - V_{H_2S},$$

где V_{O_2} - объем прореагировавшего O_2, V_{H_2O} - воды, ξ_i, ξ_i - доли H_2O и O_2, участвующие в реакции номер i. (Как сказано выше - $V_{H_2O} \approx 0,05 V_{O_2}^{B}$).

Место отбора проб	Содержание газов, % (об)				
	№№	O_2	CO_2	CO	H_2
ш. им. Ленина Места постоянного горения	1	0,45	16,60	7,70	9,30
	2	0,15	16,20	7,10	11,80
	3	0,55	12,40	10,90	11,40
Очаги горения	4	12,50	7,10	3,20	3,10
	5	6,90	6,50	10,00	6,55
	6	4,90	3,35	17,70	3,20
	7	9,40	11,20	3,50	6,70
	8	8,40	6,11	2,70	2,80
	9	8,30	8,50	7,00	7,70
	10	10,70	9,80	4,00	4,80
	11	5,30	9,80	1,00	3,20
	12	5,30	9,50	9,90	8,00
Очаги горения при поливе водой	13	9,30	13,40	1,50	26,05
	14	11,20	10,40	1,80	19,90
	15	5,90	22,50	22,15	41,90
	16	7,30	11,80	1,45	14,90
	17	7,20	11,50	1,40	15,50
	18	1,95	19,30	0,90	3,20
ш. Нежданная Малый отвал	1	7,30	7,00	0,10	0
	2	20,60	8,40	0,05	0
	3	5,00	10,80	0,20	54,0
	4	10,10	2,50	0,07	2,64
	5	15,10	4,40	0,50	1,90
	6	18,20	2,40	0,35	2,40
	7	18,60	2,50	0	0
Большой отвал	8	18,50	2,60	19,00	1,05
	9	1,60	5,00	20,00	0,97
	10	2,20	3,40	17,00	1,30
	11	1,50	3,20	15,00	1,99
	12	0,60	11,00	6,90	1,45
	13	2,30	1,80	19,10	2,20
	14	2,50	7,00	8,00	1,88
	15	2,50	7,00	1,00	4,40
ш. Артема	1	2,50	11,00	1,40	6,86
	2	1,40	11,90	0	0
	3	0,30	10,50	0	9,49
	4	18,70	1,40	0	0

Из полученных условий следует, что объем продуктов горения линейно (но не обязательно пропорционально, как логично было бы предположить) зависит от объема кислорода участвующего в реакции и, следовательно, там, где $V_{O_2}^{ост}$ мало от объема O_2 поступающего в зону горения в результате конвекции.

Экспериментальные результаты, приведенные в табл. [2] подтверждают этот вывод и указывают на возможность управления горением через управление конвекцией, и, тем самым, открывает нетривиальный путь борьбы с загрязнением окружающей среды. Для этого на вновь запланированных терриконах может быть предусмотрена система вентиляции (дренажа) с помощью которой можно будет в будущем управлять горением породного отвала. Продукты горения будут двигаться в обратном, т.е. противоположном естественному при самопроизвольном горении направлению и через дренажные отверстия будут удаляться на очистку.

Стоимость дополнительных сооружений оправдывается не только необходимостью затрат на экологию, но и может быть частично компенсирована путем утилизации тепла и некоторых продуктов очистки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безуглов А.М., Беленченко В.М.* Экологические вопросы возникающие при отсыпке породных отвалов. Сб.Н.тр. Новочеркасск 1998 г.

2. *Леонов П.А., Суркачев Б.А.* Породные отвалы угольных шахт. – М.: Недра. 1970.

Коротко об авторах

Кураков Ю.И., Безуглов А.М., Беленченко В.М. – Южно-Российский государственный технический университет (НПИ).