

**О ПРИРОДЕ РАЗВИТИЯ ДАВЛЕНИЯ
КОКСОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ**

**THERE ARE ABOUT NATURE OF
DEVELOPMENT OF COKING PRESSURE
OF COKE CHARGE IN THE ARTICLE**

© 2013 Старовойт А.Г., д.т.н.,
Коверя А.С., к.т.н. (НМетАУ)

Starovoyt A.G., Doctor of Technical Sciences,
Koverya A.S. PhD in Technical Sciences
(National Metallurgical Academy of Ukraine)

Используя уравнения состояния реального газа Редлиха-Квонга, проверена возможность расчета развития давления коксования угольной загрузки, исходя из состава образующихся газовых продуктов термической деструкции. Установлено, что данный подход позволяет эффективно разграничивать коксуемые угли по величине давления коксования.

The possibility of calculating the level of development of coking pressure of coal charge has been proved, using the equation expressing actual gas of Redlich-Kwong and taking into account the composition of formed gas products of thermal destruction. It has been found that this approach allows to differentiate coking coal on the basis of coking pressure value.

Ключевые слова: уголь, летучие продукты, пластический слой, давление коксования, реальный газ, критическая температура, критическое давление.

Keywords: coal, volatile products, plastic layer, coking pressure, actual gas, thermal critical point, critical pressure.

Давление коксования является внешним проявлением комплекса свойств угольной загрузки при её термической деструкции. Исходной причиной возникновения давления коксования является давление в пластическом слое образующихся парогазообразных продуктов. В зависимости от газопроницаемости пластической массы, толщины пластического слоя, а также газопроницаемости полукокса и кокса развивается то или иное давление коксования.

Выход и состав парогазовых продуктов термической деструкции в свою очередь зависит от природы угля, а также от условий нагревания. При этом, динамика выхода основных газовых продуктов (H_2 , CH_4 , CO_2 , CO) взаимосвязана. Так, известно, что в процессе термической деструкции углей, при увеличении температуры загрузки, содержание водорода в газе возрастает, а метана и двуокиси углерода уменьшается. Содержание окиси углерода при этом немного увеличивается.

Очевидно, что, учитывая такие характеристики газа, как его состав, молекулярная масса, а также температура, можно охарактеризовать его давление.

Для прогнозирования величины газового давления коксования угольной загрузки предлагается использовать уравнение состояния реального газа Редлиха-Квонга, которое имеет вид:

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{T^{0,5} \cdot V(V+b)}, \quad (1)$$

где P – давление, Па;

R – универсальная газовая постоянная, 8,31441 Дж/(моль·К);

T – абсолютная температура, К;

V – мольный объём, m^3 /моль;

a и b – константы, зависящие от конкретного вещества.

Из условий термодинамической устойчивости в критической точке $\left(\frac{dT}{dV}\right)_{T_k} = 0$ и $\left(\frac{d^2T}{dV^2}\right)_{T_k} = 0$, можно

получить:

$$a = \frac{R^2 T_k^{2,5}}{9 \cdot (\sqrt[3]{2} - 1) P_k} \approx \frac{0,42748 R^2 T_k^{2,5}}{P_k} \quad (2);$$

$$b = \frac{\sqrt[3]{2} - 1}{3} \frac{RT_k}{P_k} \approx \frac{0,08664RT_k}{P_k}, \quad (3),$$

где T_k – критическая температура, К;

P_k – критическое давление, Па.

Уравнение Редлиха-Квонга применимо, если выполняется условие $\frac{P}{P_k} < 0,5 \frac{T}{T_k}$.

Критические параметры основных компонентов коксового газа (т.е. параметры на границе перехода жидкости в газ) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Критические параметры основных компонентов коксового газа

Компонент газа	Критическая температура, К	Критическое давление, Па
Водород	33,3	1255251,2
Метан	190,8	4491445,7
Оксид углерода	134,2	3432327,5
Двуокись углерода	304,3	7394214,1

Для расчета давления коксования углей в работе рассматривали два случая. Первый – когда учитывался состав газов, выделяющихся в период пластического состояния угля (при этом для каждой конкретной марки угля принимали соответствующий диапазон температур пластического состояния). Второй случай предусматривал, что в камере коксовой печи одновременно существуют все стадии термической деструкции угля, и поэтому для расчетов использовался средний состав газов за весь период коксования. Данные по составу газов коксования углей разной степени метаморфизма были взяты из работ [1-4]. Также учитывали, что в период пластического состояния выход летучих веществ составляет порядка 10-15 % от их общего количества.

В табл. 2 приведены характеристика углей, состав коксового газа и расчетные значения давления коксования углей разной степени метаморфизма и разных месторождений.

Согласно сопоставительным расчетам, максимальное давление коксования имеют угли, отвечающие, по выходу летучих веществ, технологическим маркам К и ОС, что является подтверждением результатов многих исследований по определению величин давления коксования углей.

Характерно, что наибольшее давление коксования развивается при выделении газов в период пластического состояния. Следовательно, можно предположить, что предопределяющим для развития давления коксования является состав выделяющегося газа, в то время как сопротивление его выходу играет второстепенную роль, и газ практически беспрепятственно проходит зоны загрузки, имеющие различную газопроницаемость. При этом следует отметить более значительную роль высокомолекулярных газов в развитие итоговой величины давления коксования.

Предложенный подход в определении уровня развития давления коксования также оправдывает себя при сравнении свойств углей, имеющих близкие технологические свойства (в частности, по величине выхода летучих веществ). Существенно, что, используя состав образующихся газов термической деструкции углей, возможно осуществить аддитивное определение давления коксования угольной смеси.

Характеристика углей, состав газа и расчетные значения давления коксования

Происхождение угля (шахта, месторождение)	Выход летучих веществ (V^{daf}), %	Состав газа, m^3/t сухой шихты				Температура, К	Расчетные величины давления коксования (P), кПа
		H ₂	CH ₄	CO	CO ₂		
Состав газа, выделяющийся в период пластического состояния							
Г6 (ш. им. Кирова)	41,9	0,82	19,1	6,39	30,9	658	49,8
К13 (ш. Березовская)	23,0	6,5	21,4	1,3	1,12	703	361,6
К2 (ш. Физкультурник)	16,5	4,16	16,9	0,75	0,47	713	784,4
Средний состав газа за весь период коксования							
«Сент-Фонтен» (Франция)	36,1	184,92	106,6	31,05	8,97	1273	63,2
ш. Абашевская	33,9	177,6	97,73	17,63	4,96	1273	112,6
«Майбах» (Германия)	34,0	181,76	98,56	22,4	6,08	1273	91,7
ш. Киселевская	32,5	154,88	61,24	35,29	10,8	1273	54,4
«Кармо» (Франция)	29,5	166,04	81,2	18,76	4,2	1273	128,9
ш. Зиминка	28,4	150,0	76,25	21,0	6,86	1273	84,4
«Севел» (США)	24,4	134,42	64,46	9,46	2,2	1273	245,9
ш. Зиминка	20,3	109,64	37,24	16,72	4,61	1273	123,5
«Эмма» (Франция)	20,2	108,9	53,1	9,0	2,34	1273	235,4
«Покахонтас» (США)	16,4	103,95	34,2	4,8	1,35	1273	412,0

Таким образом, выполненные расчеты показывают, что уровень развития давления коксования угольной загрузки можно эффективно определять, зная состав образующихся газовых продуктов термической деструкции.

Библиографический список

1. Кустов Б.И. Коксовый газ / Б.И.Кустов. – Х.-М.: Металлургиздат, 1953. – 242 с.
2. Грязнов Н.С. Пиролиз углей в процессе коксования / Николай Сергеевич Грязнов. – М.: Металлургия, 1983. – 184 с.
3. Луазон Р. Кокс / Р.Луазон, П.Фош, А.Буайе. – М.: Металлургия, 1975. – 520 с.
4. Горелов П.Н. Химические продукты коксования и состав коксового газа в зависимости от степени окисленности углей / П.Н.Горелов, М.С.Котеленец // Кокс и химия. – 1985. – № 5. – С. 20-22.

Рукопись поступила в редакцию 24.12.2012