

УДК 536.244+621.032

К ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ДИССОЦИАЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ СЖИГАНИИ ИСКУССТВЕННОГО ГОРЮЧЕГО ГАЗА В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Докт. техн. наук, проф. НЕСЕНЧУК А. П.,
кандидаты техн. наук, доценты КОПКО В. М., СЕДНИН В. А.,
инженеры ШКЛОВЧИК Д. И., РЫЖОВА Т. В., АЙДАРОВА З. Б., ФОМЕНКО О. Г.

Белорусский национальный технический университет

Исследования А. В. Вавилова, Л. П. Падалко, Г. И. Жигаро и др. [1] показали перспективность переработки древесных отходов с целью получения искусственного газа (газ из древесных отходов и ВЭР доменного производства – доменный газ), используемого в промышленных теплотехнологиях Республики Беларусь. Такое топливо является малоценным в эколого-энергетическом плане (аналог доменного газа с низким $\eta_{и.т.}$). Кроме того, при его использовании в качестве первичного источника энергии образуется большое количество диссоциирующего диоксида углерода.

Диссоциация диоксида углерода, присутствующего в продуктах сгорания искусственного горючего газа, в основном протекает в горелочном камне сожигательного устройства и начальном участке факела при температуре более 3000 К в равновесном термическом процессе



Как видим (1), каждая молекула M_{CO_2} дает

$$1M_{\text{CO}} \text{ и } 0,5M_{\text{O}_2}.$$

Полагая, что диссоциированная часть CO_2 составляет α (α – коэффициент диссоциации), тогда недиссоциированная часть диоксида углерода – $1 - \alpha$.

Общее число молекул после диссоциации будет

$$\sum M_{\text{CO}_2, \text{CO}, \text{O}_2} = (1 - \alpha) + \alpha + \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$

Степень диссоциации может быть найдена:

$$p_{\text{CO}_2} = (1 - \alpha) \frac{p}{1 + \frac{\alpha}{2}};$$

$$p_{\text{CO}} = \alpha \frac{p}{1 + \frac{\alpha}{2}}; \quad (3)$$

$$p_{\text{O}_2} = \frac{\alpha}{2} \frac{p}{1 + \frac{\alpha}{2}},$$

где p_{CO_2} ; p_{CO} ; p_{O_2} и p – соответственно парциальные давления CO_2 , CO , O_2 , а также общее давление равновесной смеси, связанное с константой равновесия k_p выражением [2]

$$k_p = \frac{\alpha^2 p^2 \frac{\alpha}{2} p (1 + \frac{\alpha}{2})^2}{(1 + \frac{\alpha}{2})^2 (1 + \frac{\alpha}{2}) (1 - \alpha)^2 p^2} = \frac{p \alpha^3}{(2 + \alpha)(1 - \alpha)^2}. \quad (4)$$

В (4) k_p – константа равновесия, выраженная через давления реагирующих веществ.

Полагая, что A_1 и A_2 – соответственно CO и O_2 ; B_1 – CO_2 ; n_1 – число молей CO ; n_2 – число молей O_2 ; n_1' – число молей CO_2 , можно представить:

$$k_c = \frac{C_{B_1}^{n_1'}}{C_{A_1}^{n_1} C_{A_2}^{n_2}}; \quad (5)$$

$$k_p = k_c (RT)^{\Sigma n'},$$

где $\Sigma \bar{n} = (+n_1') + (-n_1) + (-n_2)$.

При $\Sigma \bar{n} = 0$ имеем

$$k_p = k_c, \quad (6)$$

а также при сопоставлении с (5)

$$k_p = \frac{p_1^{(n'_1)}}{p_1^{n_1} p_2^{n_2}} \quad (7)$$

В (7) $p_1^{(n'_1)}$ – парциальное давление CO_2 .

Теплота диссоциации (реакции) может быть подсчитана в соответствии с выражением

$$\frac{d \ln k_p}{dT} = \frac{Q_p - \sum RT}{RT^2}, \quad (8)$$

где Q_p – теплота реакции диссоциации (при $p = \text{const}$); $\sum RT$ – работа расширения системы [3]. Если $\bar{m}_1 = \bar{m}_2$ (в реакции не изменяется число молекул), то $\sum RT = 0$.

Или $Q_p = Q_v + \sum RT$, а также, подставляя в (8):

$$\frac{d \ln k_p}{dT} = \frac{Q_p}{RT^2}.$$

Взаимосвязь α со значениями p и T может быть установлена

$$k_p = p_1^{(n'_1)} \frac{\alpha^2}{2}.$$

Зависимость $\alpha = f(p_1^{(n'_1)}; T)$ представлена рис. 1.

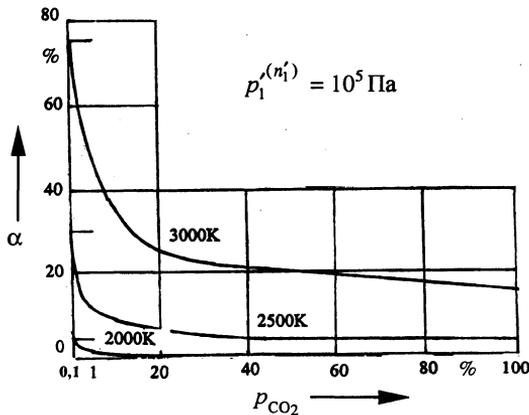


Рис. 1

Расчетные значения Q_p (кДж/моль) для равновесной реакции иллюстрированы табл. 1. Опытные данные по Q_p [4] практически совпадают с результатами расчета (табл. 1).

Значения Q_p для равновесной реакции
 $\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO} + 0,5\text{O}_2 + Q_p$

T, K	$Q_p, \text{кДж/моль}$
298	284,6
500	284,6
1000	284
1500	280,5
2000	279,5
2500	278,6
3000	280,5
3500	293
4000	307,3

Выполненный анализ использован при оценке энергоемкости процессов, протекающих в сжигательном устройстве (с полным смешением) огнетехнических установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка эффективности замещения традиционных энергоресурсов древесными отходами / А. В. Вавилов, Л. П. Падалко, Г. И. Жигаро и др. // Энергоэффективность. – 2000. – № 1 – С. 3–5.
2. Бенсон С. Термохимическая кинетика / Под ред. Н. С. Ениколопьяна. – М.: Мир, 1971. – 341 с.
3. Каблук И. А. Термохимия / ОНТИ. – М.: Гос. хим.-техн. изд-во, 1934. – 348 с.
4. Веннер Р. Термохимические расчеты / Пер. с англ.; Под общ. ред. проф. А. В. Фроста. – М.: ИИЛ, 1950. – 364 с.

Представлена кафедрой
 промышленной теплоэнергетики
 и теплотехники

Поступила 28.05.2002