

УДК: 661.7

ПОЛУЧЕНИЕ АЦЕТИЛЕНА МЕТОДОМ ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОГО ПИРОЛИЗА

*Солнцева Д.В., студентка 3 курса экологического факультета
Ульяновский государственный университет
Научный руководитель – Тойгильдина И.А., к.с.-х.н., доцент
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

Ключевые слова: выход ацетилена, термоокислительный пиролиз метана, природный газ.

В данной статье рассматривается методика расчета выхода ацетилена методом термоокислительного пиролиза метана содержащегося в природном газе.

На протяжении нескольких лет единственным техническим методом получения ацетилена был так называемый карбидный метод. В данный момент развивается промышленное производство ацетилена из природного газа (метана) термоокислительным пиролизом.

Исходным сырьем для получения ацетилена могут служить газообразные парафиновые углеводороды (метан, этан, пропан) и жидкие нефтяные фракции. Термоокислительный пиролиз метана проводится при более высоких температурах, чем его гомологов. Для создания реактора пиролиза метана до ацетилена необходимо достичь высокого теплонапряжения рабочего объема, которое, в свою очередь нужно для нагрева метана до 1500 градусов за короткий промежуток времени.

Способы подвода тепла для пиролиза: электрокрекинг (плазменные реакторы); регенеративный пиролиз; гомогенный пиролиз; окислительный пиролиз. Из выше перечисленных методов предпочтение вызывает метод окислительного пиролиза, так как он более экономичный, и экзотермическая реакция горения углеводородов и эндотермический процесс пиролиза совмещены в одном аппарате.

Расчет произведен на данных природного газа Уренгойского месторождения в составе (% объема): метана 96 %; углекислого газа 0,5 %; азота 2,6 % и аргона 0,9 %.

Также в качестве исходных данных необходимо знать: расход метана (% масс или кг/ч) (рис. 1), нормативный показатель доли метана в природном газе принимается равным 100 %; количество часов в году,

находится по формуле $K_{ч/год} = K_{дней/год} * K_{ч/сут}$. Данная величина приведена в таблице и равна 8400. Так как доля метана в природном газе Уренгойского месторождения составляет 92,16 %, то фактический показатель доли метана принимается равным этой величине и в наших расчетах количество метана в природном газе m_{CH_4} составляет 92,16 кг/ч. Расход метана (кг/ч) фактический рассчитывается по формуле $(m_{CH_4} * m_{расход CH_4} / 100)$. Так же необходимо задать мольное отношение кислорода к метану в поступающем газе, равное 0,6. При этом для расчетов требуются такие параметры как:

1. Состав технического кислорода (% объема): $\omega_{O_2} = 98\%$; $\omega_{N_2} = 1\%$; $\omega_{Ar} = 1\%$.
2. Состав газа (% объема): $\omega_{CH_4} = 96\%$; $\omega_{CO_2} = 0,5\%$; $\omega_{N_2} = 2,6\%$; $\omega_{Ar} = 0,9\%$.

Уравнения реакции	Расход метана (% массы)	Расход метана (кг/ч), фактически	Мольное отношение кислорода к метану	Количество метана в природном газе (кг/ч)	Количество дней в году	Сутки (ч)	Количество часов в году
$2CH_4 = C_2H_2 + 3H_2$	30	27,648	0,6	92,16	350	24	8400
$4CH_4 + 3O_2 = 2C_2H_2 + 6H_2O$	10	9,216					
$2CH_4 + 3O_2 = 2CO + 4H_2O$	20	18,432					
$CH_4 + 0,5O_2 = CO + 2H_2$	30	27,648					
$CH_4 = C + 2H_2$	10	9,216					

Рисунок 1 – Исходные данные по уравнениям реакции

Проделав все расчеты, в итоге получаются нормативный и фактический материальный баланс.

Нормативный материальный баланс показывает, что левая часть уравнения (приход) равна правой части уравнения (расход), отсюда следует, что все сделанные ранее расчеты верны.

Далее ведется расчет коэффициента перерасчета кг/ч в тыс.т/год, по формуле:

$$K_n = K_{ч/год} / (1000 * 1000)$$

Зная коэффициент перерасчета, можно перерасчитать массу всех веществ приведенных в таблице (рис. 2). Для этого надо итоговую массу вещества умножить на коэффициент перерасчета.

№	Компоненты Уравнения реакции	Приход			Расход						
		Метан	Кислород	Итого	Ацетилен	Водород	Вода	Угарный газ	Углерод	Остаток	Итого
1	$2\text{CH}_4=\text{C}_2\text{H}_2+3\text{H}_2$	30	-	30	24,375	5,625	-	-	-	-	30
2	$4\text{CH}_4+3\text{O}_2=2\text{C}_2\text{H}_2+6\text{H}_2\text{O}$	10	11,76	21,76	6,37	-	13,23	-	-	2,16	21,76
3	$2\text{CH}_4+3\text{O}_2=2\text{CO}+4\text{H}_2\text{O}$	20	23,52	43,52	-	-	17,64	13,72	-	12,16	43,52
4	$\text{CH}_4+0,5\text{O}_2=\text{CO}+2\text{H}_2$	30	36	66	-	7,5	-	52,5	-	6	66
5	$\text{CH}_4=\text{C}+2\text{H}_2$	10	-	10	-	2,5	-	-	7,5	-	10
Итого (кг/ч)		100	71,28	171,28	30,745	15,625	30,87	66,22	7,5	20,32	171,28
Коэффициент перерасчета		0,0084									
Итого (тыс.т/год)		0,84	0,598752	1,438752	0,258258	0,13125	0,259308	0,556248	0,063	0,170688	1,438752

Рисунок 2 - Нормативный материальный баланс процесса пиролиза природного газа Уренгойского месторождения.

Аналогичные действия проводятся с фактическим материальным балансом.

№	Компоненты Уравнения реакции	Метан	Кислород	Итого	Ацетилен	Водород	Вода	Угарный газ	Углерод	Остаток	Итого
1	$2\text{CH}_4=\text{C}_2\text{H}_2+3\text{H}_2$	27,648	-	27,648	22,464	5,184	-	-	-	-	27,648
2	$4\text{CH}_4+3\text{O}_2=2\text{C}_2\text{H}_2+6\text{H}_2\text{O}$	9,216	10,8380	20,05402	5,8706	-	12,1928	-	-	1,9907	20,0540
3	$2\text{CH}_4+3\text{O}_2=2\text{CO}+4\text{H}_2\text{O}$	18,432	21,6760	40,10803	-	-	16,2570	12,6444	-	11,2067	40,1080
4	$\text{CH}_4+0,5\text{O}_2=\text{CO}+2\text{H}_2$	27,648	33,1776	60,8256	-	6,912	-	48,384	-	5,5296	60,8256
5	$\text{CH}_4=\text{C}+2\text{H}_2$	9,216	-	9,216	-	2,304	-	-	6,912	-	9,216
Итого (кг/ч)		92,16	65,6916	157,8516	28,3346	14,4000	28,4498	61,0284	6,9120	18,7269	157,8516
Коэффициент перерасчета		0,0084									
Итого (тыс.т/год)		0,7741	0,5518	1,3260	0,2380	0,1210	0,2390	0,5126	0,0581	0,1573	1,3260

Рисунок 3 - Фактический материальный баланс процесса пиролиза природного газа Уренгойского месторождения.

Далее рассчитывается практический выход ацетилена, по формуле:

$$\eta_{\text{C}_2\text{H}_2} = (\eta_{\text{факт.}} / \eta_{\text{норм.}}) \times 100\% = (m_{\text{C}_2\text{H}_2} (\text{кг/ч})_{\text{факт.}} / m_{\text{C}_2\text{H}_2} (\text{кг/ч})_{\text{норм.}}) \times 100\%$$

и эта величина равна $\eta_{\text{C}_2\text{H}_2} = 92,1607\%$.

Общая конверсия, рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{общ.}} = m_{\text{исх. в-ва}} / m_{\text{прогр. в-ва}}, \text{ т.е. } K_{\text{общ.}} = m_{\text{CH}_4} / m_{\text{C}_2\text{H}_2}, \text{ т.е.}$$

Расчет ведется по (рис. 3) фактического материального баланса.

Полезная конверсия находится по формуле:

$$K_{\text{полезн.}} = (m_{\text{прогр. в-ва}} / m_{\text{исх. в-ва}}) \times 100\% = (m_{\text{C}_2\text{H}_2} / m_{\text{CH}_4}) \times 100\% = 30,75\%$$

Из выше приведенных расчетов видно, что получение ацетилена термоокислительным пиролизом метана с добавкой кислорода сопро-

вождается попутным образованием значительного количества газовой смеси $CO + H_2$, который может быть использован для производства метанола, азото-водородной смеси, для оксосинтеза (получение альдегидов и первичных спиртов).

Библиографический список:

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза.- М.: Химия, 1968.-103 с.
2. Лебедев Н.Н., Монаков М.Н., Швец В.Ф. Теория технологических процессов основного органического и нефтехимического синтезов.- М.: Химия, 1984.
3. Мухленов И.П. и др. Общая химическая технология. В 2-х частях. – М.: 1984.

PRODUCTION OF ACETYLENE BY THE THERMOXYLASTIC PYROLYSIS METHOD

Solntseva D.V.

Key words: *acetylene yield, thermooxidative pyrolysis of methane, natural gas.*

In this article, the procedure for calculating the yield of acetylene by the method of thermooxidative pyrolysis of methane contained in natural gas is considered.