

КОНВЕРТОР С САМООБОГРЕВОМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ГАЗА

Дубинин А.М., Ляхов Е.В., Тупоногов В.Г., Филиппов Д.В.

ГОУ ВПО Уральский государственный технический университет – УПИ.
Екатеринбург, россия

SELF-HEATED CONVERTER USED FOR REDUCING GAS PRODUCTION

Dubinin A.M, Lyahov E.V., Tuponogov V.G., Filippov D.V.

Urals state technical university – UPI
Yekaterinburg, Russia

Требования к составу восстановительного газа зависят от температуры, при которой идет процесс восстановления, и определяются равновесными условиями реакций восстановления оксидов железа. С целью увеличения скорости процесса восстановления, содержание окисляющих компонентов в газе не должно превышать 10%, метана – 5%, содержание серы не допустимо, восстановительный потенциал должен быть примерно равным 10.

Восстановительные газы получают в крупнотоннажных конверторах шахтного типа, производя конверсию метана водяным паром и добавляя кислород к исходной смеси, который расходуется на полное сжигание части метана, что позволяет осуществить процесс автотермично, т.е. без подвода теплоты извне [1].

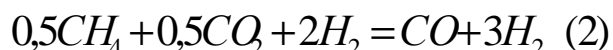
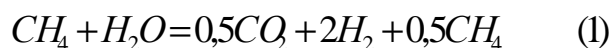
В других конверторах теплоту подводят электронагревателями снаружи реторты [2]. Однако добавление кислорода к смеси или обогрев реторты электронагревателями приводит к существенному удорожанию получаемой атмосферы. Добавление кислорода к исходной смеси $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O}=1:1$ в количестве 0,6 объема на один объем исходного CH_4 , как требуют условия теплового баланса автотермического процесса для поддержания в реакционном объеме температуры 1000°C , приводит к уменьшению восстановительного потенциала $(\text{H}_2 + \text{CO})/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ более чем в 20 раз по сравнению с паровой конверсией метана и подводом теплоты извне. Поэтому такой газ требует осушки, очистки и дополнительной затраты энергии на его нагрев после очистки.

Перечисленных недостатков лишен реактор [3], в котором каталитическая насадка из промышленного никелевого катализатора КСН-2 заменена на дисперсный катализатор (см. рис.1).

Под решетку подается смесь метана с водяным паром в пропорции 1:1. В кипящий слой погружена труба для отвода продуктов конверсии. В верхнюю часть кипящего слоя вводится воздух для дожигания части восстановительной атмосферы и получения необходимой теплоты и температуры в слое. Продукты конверсии и сгорания отводятся раздельно. Для поддержания нулевого перепада давления в камерах установлен регулятор .

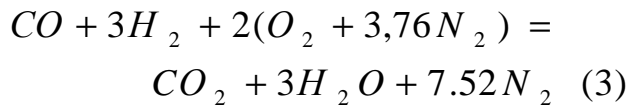
Для описания процессов составлена следующая модель.

На катализаторе в объеме реактора идут две параллельные реакции:



Тепловой эффект результирующей эндотермической реакции $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$ $q_{x2} = 12396$ кДж/кг(CH_4) на кг исходного метана.

В верхней части слоя, где подводится воздух, идет экзотермическая реакция горения продуктов конверсии:



с тепловым эффектом $q_{x1} = 65343$ кДж/кг(CH_4) на кг исходного метана.

Предполагается, что температура в кипящем слое постоянна по всему объему за счет идеального перемешивания твердой фазы.

Из уравнения теплового баланса находится температура – t в реакционном объеме:

$$(1-x) \cdot [q_{x1} \cdot (1-q_3 - q_5) + q_b] + q_n + q_{nr} = x \cdot q_{x2} \cdot \left(1 - \frac{r_{nr}^L}{r_{nr}^o}\right) + [x \cdot c_{nk} + (1-x) \cdot c_{nc}] \cdot t \quad (4)$$

Уравнение материального баланса.

$$-w_{nk} \cdot \frac{dr_{\text{CH}_4}}{dz} + r_{\text{CH}_4} \cdot \frac{dw_{nk}}{dz} = K \cdot \varepsilon \cdot S \cdot (r_{\text{CH}_4} - r_{\text{CH}_4}^p) \quad (5)$$

Известно, что в кипящем слое часть продуктов конверсии фильтруется через сплошную фазу со скоростью минимального псевдооживления w_{mf} , а другая часть $w_{nk} - w_{mf}$ проходит в пузырьках w_{br} . Поэтому были составлены уравнения реакции метана с водяным паром для сплошной фазы и для реакций, проходящих в пузырьках.

Были составлены граничные условия на входе в эндогенератор ($h=0$).

Анализ результатов расчетов показывает, что полученные параметры качественно и количественно удовлетворяют реальной картине процесса. Расхождение экспериментальных значений с полученными из расчетов в среднем 6-8%, в отдельных случаях доходит до 14%.

Состав сухих восстановительных газов на выходе из экспериментального газогенератора с частицами катализатора 0.8-1.0 мм, при $x=0.6$ и температуре в слое 850°C при массовой скорости продуктов конверсии 0.8 кг/(m^2s), следующий: CH_4 – 1.2%, CO – 24.2%, H_2 – 72%, CO_2 – 2.4%, влажность газа 8%. Состав продуктов сгорания на выходе из камеры сгорания при коэффициенте избытка воздуха 1.35 следующий: CO_2 – 6.1%, O_2 – 5.3%, N_2 – 76.3%, H_2O – 2.4%.

ВЫВОДЫ

Моделирование показало возможность практического сооружения такого типа конверторов с самообогревом без использования кислорода или электронагрева. Результаты испытаний подтвердили такую возможность на установке диаметром 0.18 м и высотой слоя 1 м. Газ удовлетворяет требованиям, предъявляемым к восстановительным атмосферам.

Оптимальное значение $x=0,61$, когда выход восстановительных газов максимален.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лейбуш А.Г. Производство технологического газа для синтеза аммиак и метанола из углеводородных газов. – М.:Химия, 1971. с.23-27.
2. Маергойз И.И.. Установки для приготовления контролируемых атмосфер. ВНИИЭМ. Москва, 1964. с. 27.
3. Дубинин А.М., Баскаков А.П., Шойбонов В.Б.. Генератор эндотермических атмосфер. Авторское свидетельство на изобретение №992079. Бюллетень №4. 30.01.1983.
4. Бодров И.М., Апельбаум Л.О., Темкин И.М. Кинетика и катализ, 8. №4. 1967г. с.821.
5. Кунии Д., Левеншпиль О. Промышленное псевдоожигение: пер. с англ.- М.:Химия, 1976г.-448с.