

ШАГ В ВОДОРОДО-УГЛЕРОДНУЮ ЭНЕРГЕТИКУ

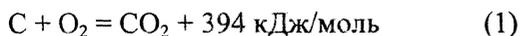
Канд. техн. наук, доц. НАЗАРОВ Н. С.

Белорусский национальный технический университет

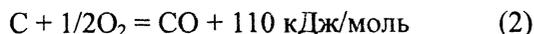
Уголь, «вечно второй в ряду энергоносителей», как и другие твердые топлива, давно стремятся преобразовать в более удобные энергоносители: теплоту, электричество, жидкое и газообразное топливо.

Газообразное топливо из твердого получают путем газификации. Сначала газификация осуществлялась на основе процесса неполного сгорания углерода твердого топлива.

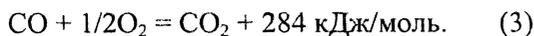
Полное сгорание углерода



при газификации подразделялось на: неполное сгорание (газификацию)



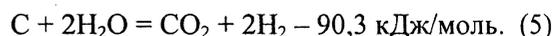
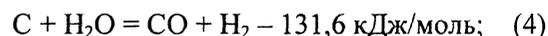
и последующее дожигание угарного газа CO вне газогенератора в виде газообразного топлива



Отношение теплопроизводительности образовавшегося в газогенераторе газа (1 моль CO = 284 кДж/моль) к теплопроизводительности израсходованного на его образование топлива (1 моль C = 394 кДж/моль) называют теплотехническим КПД процесса газификации [1, с. 249].

Для рассмотренного случая теплотехнический коэффициент $\eta_x = \frac{284}{394} = 0,7$. Низкий η_x можно повысить, и как будет показано далее, он может быть больше единицы. Отсюда следует, что технический термин «теплотехнический КПД», взятый из [2] и часто используемый в технической литературе [1], выбран неудачно. Из закона сохранения энергии следует, что КПД любого процесса не может быть больше 1,0. Поэтому правильнее назвать используемое определение теплотехническим коэффициентом газификации.

Термохимический коэффициент газификации η_x и свойства газогенераторного газа повышаются, если в газогенераторном газе, кроме горючего CO, появляются другие горючие газы, например водород H₂, который образуется в газогенераторном газе в результате взаимодействия влаги топлива с раскаленным углем. Точнее, углерод топлива разлагает водяной пар при высоких температурах по известным термохимическим реакциям:



Заметив это, исследователи для повышения теплоты сгорания газогенераторного газа при газификации стали специально вводить водяной пар в дутье.

Эндотермические, химические реакции (4), (5) в газогенераторе могли осуществляться автоматически только до образования определенного количества водяного пара, подаваемого в смешанное дутье. Предельное количество пара при газификации со смешанным парокислородным дутьем вычисляется из следующих соображений.

Для разложения 1 моля воды по зависимости (4) необходимо 131,6 кДж/моль теплоты. Эта теплота в газогенераторе получается при неполном сгорании углерода по (2) без учета потерь теплоты в газогенераторе. Для этого необходимо по зависимости (4) сжечь $131,6 : 110 \approx 1,2$ моля углерода, для чего потребуется $1/2 \cdot 1,2$ моля = 0,6 моля кислорода.

Так как объемы моля любых газов при нормальных условиях равны, объемное содержание кислорода в смешанном парокислородном дутье должно быть не менее $0,6 : (1,0 + 0,6) = 37 \%$, а пара – не более 63 %. Для паровоздушного дутья содержание пара в дутье

должно быть почти в 5 раз ниже, ибо в воздухе содержится около 22 % кислорода.

В промышленности известны [3] газогенераторы водяного газа и водорода периодического действия, в которых в период холодного дутья в газогенератор подается только один водяной пар. В этот период эндотермических реакций (4) и (5) необходимая дополнительная теплота накапливается в газогенераторе в первый период (горячего дутья), и за счет интенсивного воздушного или смешанного кислородно-воздушного дутья содержащееся в газогенераторе разогревается до высоких температур (1300...1500 К). В период парового дутья температура в газогенераторе быстро падает до 900...1000 К. В дальнейшем процесс повторяется многократно.

В [4] показано, что газификацию одним водяным паром можно непрерывно осуществить в аллотермическом режиме за счет постоянного «внешнего» источника энергии. В этом случае, как и в период холодного дутья периодической газификации, в газогенераторе протекают эндотермические реакции (4) и (5).

При «сжигании» в перегретом водяном паре 1 моля углерода по зависимости [3] образуется водородоугарный газ (ВУГ), состоящий из смеси горючих газов: 1 моля водорода и 1 моля угарного газа. Суммарная теплота сгорания полученного газа составит 526 кДж, из которых 284 кДж/моль – теплота сгорания угарного газа (3) и 242 кДж/моль – мольная теплота сгорания водорода.

Для получения этого количества ВУГ расходуется 1 моль углерода, который при полном сгорании (1) дает 394 кДж/моль теплоты. Следовательно, термохимический коэффициент газификации получается $\eta_x = 526 : 394 = 1,34$. Теряется физический смысл КПД, о чем было сказано выше.

При газификации топлива по эндотермической зависимости (5) получают 2 моля водорода при «сжигании» в водяном паре 1 моля углерода. В этом случае

$$\eta_x = 2 \cdot 242 : 394 = 1,23.$$

Опять термохимический коэффициент газификации превышает единицу. Во всех случаях, когда $\eta_x > 1$, теплота сгорания полученного

газогенераторного газа выше теплоты сгорания израсходованного для его получения топлива. В газогенераторном газе накапливается энергия «внешних» источников теплоты, необходимая для протекания эндотермических реакций (4) и (5).

Если «внешними» источниками теплоты будут источники энергии, не использующие природное топливо (энергия ветра, гидроэнергия, атомная, в перспективе – термоядерная и т. п.), то становится возможным экономить природное топливо. Экономия ископаемого топлива (угля, нефти и др.) – есть цель водородной энергетики. Как материальный носитель энергии водород входит в состав газогенераторного ВУГ, получаемого аллотермическим способом газификации.

В предельных случаях ВУГ может состоять из одного горючего газа водорода (5) или же из смеси водорода и угарного газа в равных объемах (4). В промежуточных случаях соотношение этих горючих газов в полученной газобразной смеси будет определяться режимами газификации. Например, известно, что при более высоких температурах газификации преобладает процесс, описываемый (4), а при низших – (5). Следовательно, соотношением CO/H_2 можно управлять.

Термохимический коэффициент газификации характеризует автотермичность процесса. При $\eta_x < 1$ процесс газификации с использованием перегретого водяного пара в дутье осуществляется в автоматическом режиме, при $\eta_x > 1$ автоматичность процесса нарушается и необходима дополнительная энергия (теплота) для осуществления эндотермических реакций (4) и (5) газификации.

Кроме того, этот коэффициент характеризует возможность использования «внешней» энергии при газификации или же экономии природного топлива, если в качестве «внешних» источников используются топливосберегающие источники. С этой точки зрения получение ВУГ при газификации целесообразнее, чем чистого водорода ($\eta_x = 1,34 > \eta_x = 1,24$). К тому же газогенераторный ВУГ почти вдвое ($\eta_x = 1,34 > \eta_x = 0,7$) теплотворнее газогенераторного газа на основе CO , а ведь таких несовершенных, работающих на низкокалорийном топливе газогенераторных установок к концу

Второй мировой войны за рубежом работало около 10 млн [5]. В послевоенный период дешевый природный газ почти полностью вытеснил из всех областей народного хозяйства искусственное газообразное топливо.

ВУГ – высококалорийное топливо. Оно соответствует целям и задачам водородной энергетики. Только в качестве материального носителя энергии в нем используется не один водород, а водород и угарный газ.

Отметим, что при газификации ВУГ целесообразно использование «бросовой» теплоты (неиспользуемой, выбрасываемой в холодильник) тепловых двигателей. Ожидается значительное повышение КПД тандема: газогенератор – тепловой двигатель.

В тепловых двигателях (установках), применяемых на водном транспорте, кроме использования тепловых выбросов, реально использование «дармовой заборной воды». Ее расход в упомянутом выше тандеме теоретически более чем в 1,5 раза превышает потребление углерода природного топлива по весу.

В принципе, в тандеме газогенератор – тепловой двигатель возможен частичный или полный круговорот воды, ибо выхлопные газы двигателей, работающих на ВУГ, будут состоять, в основном из паров воды. За счет этого ожидается улучшение и экологической обстановки.

Использование ВУГ в народном хозяйстве – самое разнообразное. Как топливо он хороший заменитель природного газа, состоит из активных газообразных восстановителей (СО и Н₂). Его можно использовать в металлургии для получения металлов из руд. В химической промышленности из составляющих его газов

(в первую очередь, водорода) синтезируют различные вещества (аммиак, метанол и др.), необходимые в других производствах.

В настоящее время взоры исследователей обращены к атомно-водородной энергетике. Атомной энергии предсказывают большое будущее [5] в разложении воды при решении задач водородной энергетики, ибо для разложения воды на составляющие требуются большие энергозатраты. Сейчас это экономически целесообразно в районах со слишком дешевой энергией.

Водоугольная газификация твердых топлив позволяет в короткие сроки, без коренной ломки технологий, сориентированных в последнее десятилетие на использование природного газа, решить задачу использования этих огромных запасов.

В рассмотренном случае газификации, или что одно и то же – разложению воды (водяного пара) с помощью углерода твердого топлива, получается ВУГ, искусственное газообразное топливо, воплотившее в себе свойства перспективного энергоносителя водорода и «забытого» хорошего энергоносителя угарного газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник машиностроителя / Под ред. М. С. Ачеркана. – М.: Машгиз, 1961. – Т. 2
2. Натоскин В. Плюс уголь // Труд. – 2000. – № 36.
3. Шорин А. П. Автоматическое управление газогенераторами водяного газа и водорода / ЦБТИ. – М., 1958.
4. Назаров Н. С. Способ получения водородоугарного газа (ВУГ) и устройство для его получения: Заявка на изобретение № а 20001057 от 29.11.2000.
5. Газификация твердого топлива: Труды IV науч.-техн. конф. – М., 1957.