

1. Поваров О.А., Томаров Г.В. Всемирный геотермальный конгресс WGC-2005 / Теплоэнергетика, № 3, 2006. С. 78-80.

2. ПРОНЕДРА [Электронный ресурс]. URL: <http://pronedra.ru/alternative/2015/12/29/perspektivy-geotermalnoy-energetiki>. (дата обращения 10.11.2016).

3. Кононов В.И. Геотермальные ресурсы России и их использование / Литология и полезные ископаемые, № 2. 2002. С. 115-125.

УДК 536.4; 66.045.12

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ГАЗООХЛАЖДЕНИЯ ПГУ-ВЦГ

ANALYSIS OF PROBLEMS ARISING IN THE DEVELOPMENT OF GAS COOLER IGCC

Марчкова Ю. А, Микула В. А.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, yuliamarchkova@mail.ru

Marchkova Yu. A., Mikula V. A.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе были проанализированы основные проблемы, возникающие при разработке системы газоохлаждения. Наиболее подробно рассмотрена концепция конвективного газоохладителя синтез-газа. Также рассмотрены проблемы коррозии и отложений на трубках ГО со стороны синтез газа.

Abstract: The paper analyzed the main problems in the development of gas cooling system. Most concept convection gas cooler synthesis gas discussed in detail. Also discussed problems of corrosion and fouling on the tubes of the gas cooler the synthesis gas.

Ключевые слова: ПГУ-ВЦГ; газоохладитель; конвективный газоохладитель; коррозия; осаждение.

Keywords: IGCC; gas cooler; convective gas cooler; corrosion; fouling.

Потребление угля для выработки электроэнергии будет возрастать во всем мире, поэтому требуется его высокоэффективное и экономичное использование. Перспективным путем производства энергии на базе угля представляется развитие парогазовых установок на основе внутрицикловой газификации твердого топлива (ПГУ-ВЦГ) [1].

Газификация – высокотемпературный процесс взаимодействия углерода топлива с окислителями, проводимый с целью получения горючих газов (H_2 , CO , CH_4).

Так как система газоохлаждения является обязательной для ПГУ-ВЦГ, то возникает проблема выбора способа охлаждения синтез газа. Существует два основных способа охлаждения газа:

1. Впрыск воды на выходе газогенератора (водяное охлаждение или квенчинг). Данный способ отличается высокой надежностью, но физическая теплота синтез газа теряется.

2. Рекуперация тепла с помощью теплообменника. При этом способе физическая теплота синтез газа полезно используется в газоохладителе (ГО): КПД ПГУ-ВЦГ увеличивается на 8-12 %, но конструкция менее надежна.

По нашему мнению, конвективный ГО является наиболее перспективным. Существует несколько конструкций конвективного ГО:

1) Газотрубная конструкция.

ГО состоит из теплообменных элементов, представляющих собой ряд двойных труб (труба в трубе), которые привариваются к овалному сборному каналу с обоих концов, чтобы сформировать регистр ряда двойных труб. Горячий синтез газ протекает по внутренним трубам и отдает теплоту воде и пару, протекающим через овалы сборные каналы, и раздается по кольцевым пространствам между внутренними и наружными трубами [2].

Недостатком такой конструкции является забивание проходных сечений синтез газа золошлаковыми частицами.

2) Водотрубная конструкция с прямыми трубами.

Теплообменными элементами являются прямые двойные трубы (труба в трубе). Сверху наружная труба закреплена на нижней трубной доске, а нижний торец заглушен. Внутренняя труба сверху прикреплена к верхней трубной доске, а нижний конец трубы открыт. Пар проходит вниз, затем поступает во внутреннюю трубу, проходит по ней и собирается в паросборной камере. Синтез-газ снаружи омывает пакет трубных теплообменных элементов. Зигзагообразное движение внутри корпуса ГО организуется за счет перегородок. Благодаря перегородкам организуется поперечное омывание труб и сбор жидких фракций, конденсирующихся из синтез-газа [3].

Данная конструкция применяется для давлений не более 10 бар.

3) Водотрубная конструкция ГО со спиральными трубами.

Теплообменные элементы представляют собой вертикальные спиральные трубы, по которым течет пар и вода. Теплообменник набирается из вертикальных спиралевидных элементов разного диаметра, расположенных один внутри другого. Синтез газ течет по кольцевым каналам, образованным в радиальном направлении между спиралями.

По мнению авторов [2] наиболее перспективной является конструкция ГО, изображенная на рис. 1.



Рис. 1. Водотрубная конструкция ГО со спиральными трубками

Данная конструкция может использоваться для давлений более 10 бар.

Главной проблемой всех ГО является коррозия и отложения на трубках со стороны синтез газа.

Основной причиной отложений является Ni и V. V обладает тройной валентностью V^{3+} , V^{4+} , и V^{5+} в различных средах при высоких температурах. V_2O_3 стабилен в восстановительной атмосфере, и переходит в V_2O_5 в окислительной атмосфере. В то же время, Ni существует в широком диапазоне степеней окисления, как Ni, Ni^{2+} и Ni^{3+} [4].

Авторы [4] проводили изучение коррозии и отложений в проходных трубках синтез газа. Они вырезали образцы из промышленного ГО, а затем проанализировали их с помощью электронного микронзонда и сканирующего электронного микроскопа, дифракционной рентгеновской установки и отражающей световой микроскопии.

В результате, первая половина длины трубки была затронута высокотемпературной коррозией, в то время как на второй половине наблюдались отложения различных слоев [5]. На рис. 2 показано различное наложение Ni, V и Fe в середине ГО.

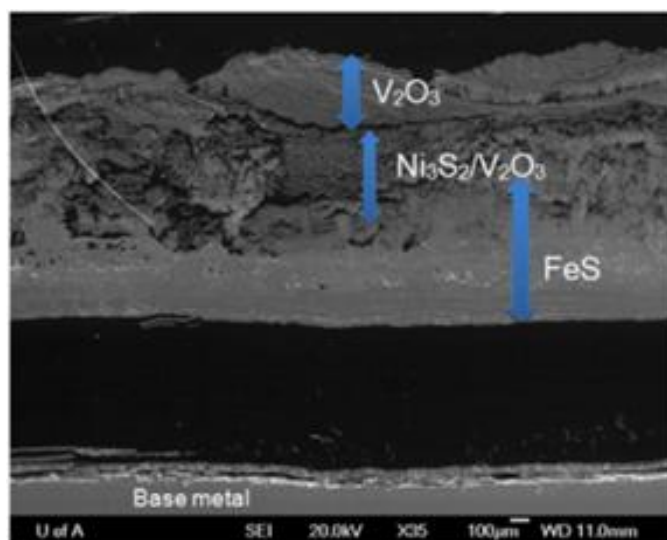


Рис. 2. Отложения Ni, V и Fe в середине ГО

Очевидный слой коррозии на поверхности металла обусловлен наличием H_2S в синтетическом газе. Толщина слоя коррозии уменьшается по длине трубки ГО, так как температура синтез газа снижается. Наряду с коррозионным слоем, на поверхности трубок также присутствует слой смеси Ni_3S_2 и V_2O_3 с последующим слоем V_2O_3 .

Коррозия и отложения на поверхности трубок ГО являются серьезными проблемами, которые требуют решения. Поэтому необходимо продолжать исследования в этой области.

Исследование выполнено в Уральском федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00524).

Список использованных источников

1. Гибридные ПГУ на твердом топливе / Т.Ф. Богатова, А.Ф. Рыжков, Н.В. Вальцев, П.В. Осипов, С.И. Гордеев // Энергетик. 2014. № 12. С. 12-16.
2. Convective heat transfer characteristics of high-pressure gas in heat exchanger with membrane helical coils and membrane serpentine tubes / Z. Yang, Z. Zhao, Y. Liu, Y. Chang, Z. Cao // Experimental Thermal and Fluid Science. 2011. № 35. P. 1427–1434.
3. Cooler Systems for Gasification Plants 07/2015, SCHMIDTSCHESCHACK.
4. Analysis of syngas cooler fouling from asphaltene gasification / Mehdi Alipour, Vinoj Kurian, Satarupa Dhir, Rajender Gupta // Fuel Processing Technology. 2016. № 152. P. 7–14
5. Investigation of corrosion and fouling in syngas cooler tubes / Ben Wang, Vinoj Kurian, Nirlipt Mahapatra, Frans Martens, Rajender Gupta // Fuel Processing Technology 2016. № 141. P. 202–209.

УДК 504.75

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

ENVIRONMENTAL ENERGY EFFICIENCY

Михайлова Т. Л., Ануфриев В. П.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, barinova.mpo@bk.ru

Mikhailova T. L., Anufriev V. P.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: Представлен расчет выбросов оксидов азота котельной установкой, находящейся в г. Алапаевске Свердловской области.