

В.Н. Ткаченко, В.И. Бессараб, Н.Н. Чернышев

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ
СЕРОВОДОРОДА В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ
УГЛЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Общая постановка проблемы. В связи с тенденцией к увеличению производственных мощностей химических предприятий, вопросы, связанные с экологической безопасностью существующих производств, в настоящее время приобретают все большее значение. Промышленные сернокислотные установки принадлежат к классу экологически неблагоприятных химических объектов. Современный уровень технологии и автоматизации процесса производства серной кислоты позволяет поддерживать степень превращения диоксида серы на уровне 99.2-99.6 %. Однако при такой степени переработки выбросы в атмосферу диоксида серы и тумана серной кислоты с отработанным газом часто превышают допустимые нормы. Еще более опасны в экологическом отношении колебания технических параметров установок в пусковых режимах [1].

Совершенствование систем автоматического управления сернокислотных производств в направлении снижения выбросов диоксида серы и тумана серной кислоты в атмосферу является важной прикладной задачей для химических предприятий.

Постановка задачи. В общем, технологическую цепочку производства серной кислоты из серосодержащего топлива можно изобразить в виде функциональной схемы [2] на рис.1. Представленная функциональная схема применяется для случаев, когда серосодержащее топливо получено в качестве горючей составной смеси, например жидкой серы, сероводорода или диоксида серы.

Схема организации процесса и тепловая система управления зависят от вида исходного топлива: получено ли серосодержащее топливо в форме,

которая требует сжигания для получения диоксида серы или оно уже представляет собой диоксид серы.

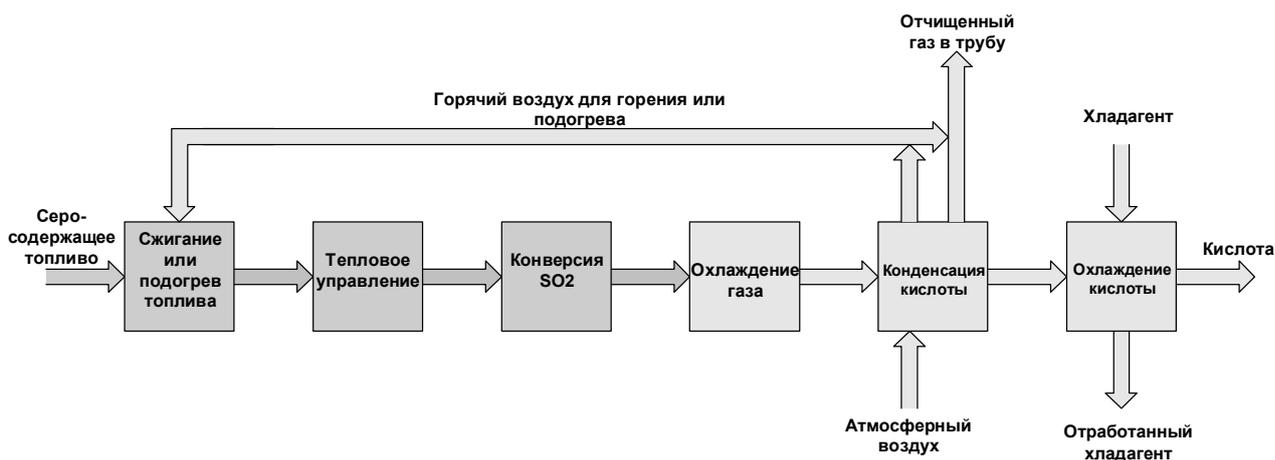
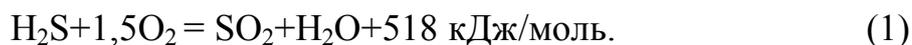


Рисунок 1 – Функциональная схема технологической цепочки получения серной кислоты

Метод мокрого катализа является одним из основных методов получения серной кислоты из сероводорода и состоит из трех этапов: сжигания сероводорода, окисления образующегося диоксида серы на катализаторе и конденсации серной кислоты [1].

В настоящее время широко применяют схему производства серной кислоты предложенную Haldor Topsoe A/S [3], представленную на рис. 2.

При очистке горючих газов обычно получают концентрированный сероводородный газ (до 90% H_2S), поэтому в печах, где он сжигается, выделяется большое количество тепла. В связи с этим при сжигании H_2S в печь вводят большой избыток воздуха или располагают в ней змеевики котла-утилизатора. На этапе сжигания сероводорода получаем диоксид серы SO_2 по реакции (1):



Из печи газ при температуре около $1000^\circ C$ поступает в котел-утилизатор, где тепло газа используется для получения пара.

Охлажденный газ при $400-420^\circ C$ поступает в контактный аппарат. В связи с тем, что процессы в аппарате экзотермические, газ охлаждают между слоями для того, чтобы сдвинуть равновесие SO_2/SO_3 в нужном направлении.

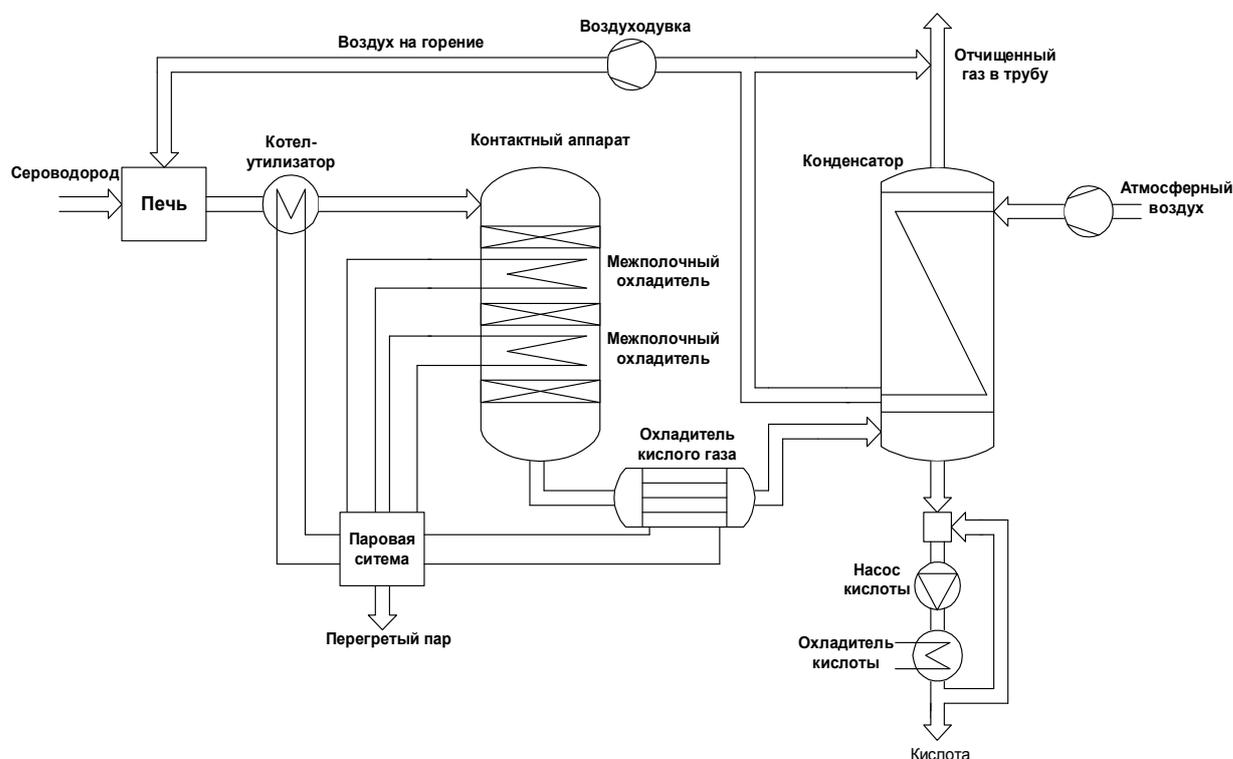
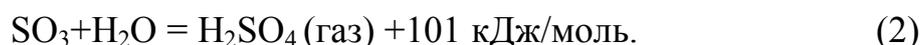


Рисунок 2 – Схема производства серной кислоты из сероводорода

После стадии конверсии газ охлаждается до температуры ниже 300°C , при этом SO_3 реагирует с парами воды с образованием газообразной серной кислоты (кислый газ) по реакции (2):



После охладителя кислого газа, газообразная серная кислота поступает в конденсатор-теплообменник представленный на рис. 3. Конденсатор представляет собой вертикально расположенный корпус с трубами с падающей пленкой из боросиликатного кислотоупорного ударопрочного стекла [3].

Технологический газ проходит внутри труб, которые охлаждаются снаружи атмосферным воздухом, поэтому возникает высокое пересыщение паров серной кислоты [4]. Серная кислота конденсируется в трубах и стекает вниз и собирается в нижней части конденсатора. Очищенный газ выходит из конденсатора при температуре около $90\text{-}110^{\circ}\text{C}$ и направляется непосредственно в трубу.

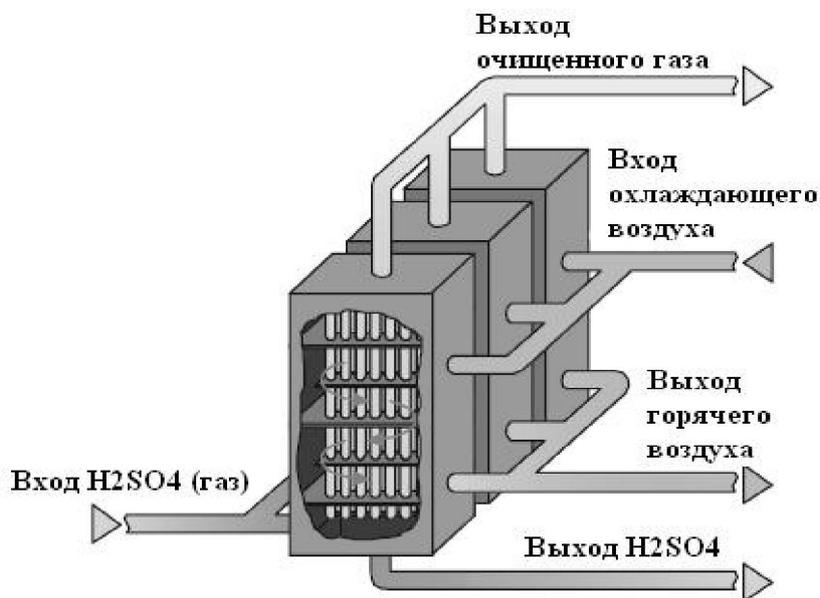


Рисунок 3 – Вид конденсатора-теплообменника

Часть выходного горячего воздуха используется для организации горения в печи, а оставшаяся часть может выводиться в трубу для увеличения подъемной силы газа или же может использоваться для подогрева питательной воды котла.

Остановимся более подробно на конденсаторе-теплообменнике, потому, что он является важнейшим звеном в процессе получения серной кислоты. Управление конденсатором осуществляется системой автоматического управления (САУ), расчет, проектирование и наладка которых проводятся обычно без учета динамических свойств конденсатора и носят зачастую субъективный характер. Вместе с тем требования, предъявляемые к качеству переходных процессов по управляемым параметрам достаточно жестки, поскольку стабильная работа конденсатора во многом определяет возможность достижения необходимого качества работы конденсатора и связанного с ним технологического аппарата.

Во всех конденсаторах, независимо от требований, предъявляемых к ним, конструктивных особенностей и условий работы, можно выделить однотипные звенья, в которых протекают процессы одинаковой физической природы [5].

1. Паро-газо-жидкостное пространство, т.е. тот элемент аппарата, в котором происходит конденсация пара или смеси паров в присутствии “инертного газа” (звено тепловыделения).

2. Разделяющая поверхность – поверхность теплообмена, разграничивающая паро-газо-жидкостное пространство и хладагент.

3. Пространство охлаждающего агента (звено теплоотвода).

Все перечисленные звенья взаимосвязаны. Параметры, характеризующие их состояние, имеют пространственную распределенность. Поэтому в общем случае математические модели процессов могут быть получены из нестационарных уравнений сохранения массы, энергии, количества движения и диффузии с начальными и граничными условиями, учитывающими взаимодействие звеньев и пограничных слоев их элементов.

Выводы.

1. Проведен анализ процесса получения серной кислоты из сероводорода методом мокрого катализа.

2. Конденсатор-теплообменник – важнейший элемент в технологической цепочке производства серной кислоты и требует разработки комплексной системы автоматического управления процессом конденсации паров кислоты.

1. *Амелин А.Г.* Технология серной кислоты. Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1983. – 360 с.

2. *Kristiansen A.* The Topsøe Wet gas Sulphuric Acid (WSA) Technology for fixation of SO₂ in Off-gases in the Metallurgical Industry // “Process system 05”. – South Africa. – 2005.

3. *Christensen T.* Topsøe Wet gas Sulphuric Acid (WSA) Technology for Refinery Applications // “Topsøe Refining Seminar”. – Sao Paulo (Brazil). – 2005.

4. *Амелин А.Г.* Теоретические основы образования тумана при конденсации пара, Изд. 3-е, доп. и перераб. – М.: Химия, 1972. – 304 с.

5. *Лесохин Е.И., Рашковский П.В.* Теплообменники – конденсаторы в процессах химической технологии: Моделирование, расчет, управление. – Л.: Химия, 1900. – 288 с.