

В. Н. Альшевский

*(Белорусский филиал Энергетического института
им. Г. М. Кржижановского)*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА РАСТВОРА, КОНДЕНСИРУЮЩЕГОСЯ ИЗ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ НА ПОВЕРХНОСТИ

В настоящее время на многих энергетических предприятиях сжигается высокосернистое топливо. При сжигании такого топлива в дымовых газах неизбежно содержится серный ангидрид, который вызывает коррозию поверхностей нагрева и ограждений. Одним из этапов исследования физико-химических закономерностей коррозии является изучение массопереноса паров агрессивного компонента из дымовых газов на поверхность.

Для математического описания процессов массопередачи необходимы сведения о состоянии равновесия между обеими фазами: газовой и жидкой. Термодинамические свойства системы паров серной кислоты — раствор хорошо изучены. На основании их построены диаграммы состояния системы $\text{H}_2\text{O}—\text{H}_2\text{SO}_4$ [1, 2]. В случае конденсации паров серной кислоты на поверхности могут произвольно изменяться три параметра. Заданными параметрами являются: 1) температура пленки конденсата; 2) общее давление газовой смеси; 3) парциальное давление переносимого агента на границе раздела (равновесное). Все остальные параметры определяются из условия равновесия. Одним из таких параметров является концентрация серной кислоты в пленке конденсата, данные которой необходимы на определенных этапах изучения физико-химических основ коррозии.

Концентрацию серной кислоты на поверхности можно определить согласно диаграмме состояния системы $\text{H}_2\text{SO}_4—\text{H}_2\text{O}$. Однако эта диаграмма получена в лабораторных условиях, отличных от условий конденсации паров серной кислоты в парогенераторе. Наличие же примесей в дымовых газах может привести к отклонению некоторых параметров от равновесных значений [3]. В связи с этим проведены исследования для определения концентрации кислоты на поверхности в зависимости от температуры стенки и сравнения полученных экспериментальных результатов с диаграммой состояния.*

С этой целью на парогенераторе, сжигающем высокосернистый мазут и работающем с температурой уходящих газов 170°C , из шунтирующей дымосос трубы отбирались газы на специальный приемник. Приемник представлял собой стеклянный змеевик, помещенный в емкость с термостатирующей жидкостью, по температуре которой определялась температура поверхности конденсации. Постоянство температуры поддерживалось электронагревателем в пределах $+1^\circ\text{C}$. Для определения температуры поверхности конденсации проводились тепловой расчет и экспериментальная проверка по нахождению разности температуры термостатирующей жидкости и температуры поверхности конденсации.

*В выполнении экспериментальных работ принимали участие В. И. Демидович и С. Н. Ширинская.

С целью предотвращения попадания в змеевик кислоты, стекающей с подводящей и отводящих трубок, перед змеевиком устанавливались алюминиевые гильзы, которые связывали попадающую на них кислоту. Длина подводящих трубок выбиралась минимально возможной, в результате чего температура стенки была выше температуры точки росы, что исключало частичную конденсацию кислоты на подводящих трубках.

Перед началом опыта змеевик вымывался, высушивался, закрывался пробками и взвешивался, после чего включался в схему установки, и в течение 1 ч через него прокачивались дымовые газы со скоростью 20 м/сек. По окончании опыта змеевик снимался, закрывался и взвешивался.

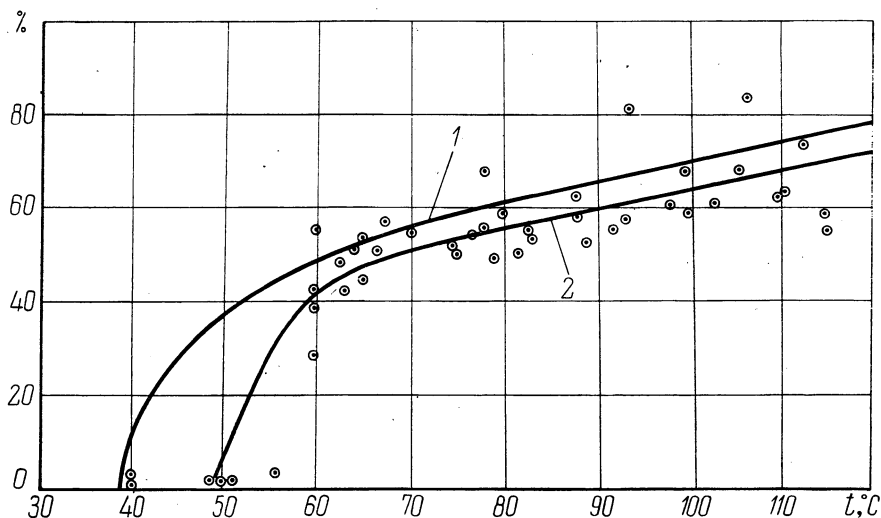


Рис. 1. Зависимость концентрации раствора от температуры стенки.

После взвешивания змеевик промывался, проба отфильтровывалась и путем титрования смыва определялось количество сконденсировавшейся кислоты в пересчете на концентрированную:

$$G_k = \frac{V_T N_T \cdot 49 Q_{\text{общ}}}{10^3 Q_T},$$

где V_T — количество титра, пошедшего на титрование; N_T — нормальность титра; $Q_{\text{общ}}$ — количество смыва; Q_T — количество титруемого фильтра.

Количество сконденсировавшегося на поверхности раствора серной кислоты определялось из равенства

$$G_p = G'_{\text{зм}} - (G_{\text{зм}} + G_{\text{ф}}),$$

где $G'_{\text{зм}}$ — вес змеевика после опыта; $G_{\text{зм}}$ — вес змеевика до опыта; $G_{\text{ф}}$ — вес отфильтрованных фракций.

Концентрация конденсирующегося раствора определяется как отношение $\frac{G}{G_p} 100\%$.

На рис. 1 показана зависимость концентрации конденсирующегося раствора от температуры поверхности. Кривая 1 показывает зависимость для системы $\text{H}_2\text{SO}_4\text{—H}_2\text{O}$, полученную в лабораторных условиях [2] при парциальном давлении водяных паров 0,1 бар, а кривая 2 — зависимость, полученную автором в промышленных условиях при конденсации

серной кислоты из дымовых газов парогенератора, сжигающего высокосернистый мазут.

Известно, что при сжигании высокосернистого мазута с коэффициентом избытка воздуха 1,03—1,05 парциальное давление водяных паров составляет примерно 0,1 бар. Расчеты показывают, что изменение коэффициента избытка воздуха за топкой от 1,03 до 1,13 приводит к изменению содержания водяных паров за воздухоподогревателем (котел ТГМ-314) от 0,098 до 0,08, т. е. максимальное изменение парциального давления составляет примерно 0,02 бар.

В связи с тем что давление паров серной кислоты над водным раствором очень мало по сравнению с давлением водяных паров, для оценки изменения концентрации раствора в зависимости от количества воды в газовой смеси принимаем, что общее давление паров над раствором равно давлению водяных паров.

Анализируя зависимость общего давления паров над водным раствором серной кислоты в зависимости от ее концентрации [3], приходим к выводу, что с уменьшением температуры раствора концентрация более чувствительна к изменению парциального давления водяных паров. Однако для условий парогенератора концентрация конденсирующегося раствора изменяется в пределах $\pm 2,5\%$. Следовательно, изменение парциального давления водяных паров в парогенераторе не оказывает существенного влияния на концентрацию конденсирующегося раствора и составляет $\pm 2,5\%$.

Сравнение результатов, полученных экспериментально в промышленных условиях, с результатами, соответствующими диаграмме состояний, показывает, что в интервале температуры поверхности конденсации 40—120°C расхождение составляет не больше 20%. Причиной такого расхождения может быть наличие в дымовых газах многих компонентов, которые считаются инертными в процессе конденсации. В действительности же наличие в дымовых газах NO_2 , SO_2 , CO_2 по всей вероятности приводит к образованию соответствующих кислот, которые также принимают участие в процессе конденсации, о чем свидетельствует качественный анализ.

Удовлетворительная сходимость концентраций, полученных в лабораторных условиях на чистой кислоте и при конденсации из дымовых газов, дает основания считать, что основная масса конденсирующегося раствора составляет водный раствор серной кислоты.

Литература

1. Haase R., Rehse M. Ermittlung der Taupunkt von Rauchgasen aus dem Verdampfungsgleichgewicht des System Wasser Schwefelsaure.—, Mitteilungen der VGB“, 1959, № 62.
2. Внуков А. К. Надежность и экономичность котлов для газа и мазута. М., 1966.
3. Коган В. Б. и др. Равновесие между жидкостью и паром. Кн. 1. 1966.