

ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ СЕРОВОДОРОДА

Устинов М.А., Попов В.П.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В последнее время вопросы, затрагивающие проблемы экологии, все чаще и чаще беспокоят людей всего мира. Быстрый рост численности населения земного шара заставляет мировую промышленность такими же темпами наращивать свои объемы.

Безусловно, рост промышленности ведет к положительным перспективам развития общества, но не стоит забывать о том, какое влияние оказывают производственные предприятия на окружающую среду.

Для минимизации негативного влияния на окружающую среду необходим серьезный анализ процессов, происходящих в различных отраслях промышленности, увеличение научных исследований, усовершенствование и разработка новых более эффективных и более экологичных технологий, с последующей реализацией их на практике.

По прогнозам экспертов, в ближайшие 20-30 лет основная доля в мировом топливно-энергетическом балансе будет приходиться на нефть и природный газ. Во-первых, это связано с имеющимися запасами углеводородного сырья, а во-вторых, с наличием технологий глубокой переработки и возможностью усовершенствования и разработки новых безотходных, высокоэффективных и более экономичных. Если доля нефти медленно снижается, то доля природного газа в топливно-энергетическом балансе увеличивается, вследствие того, что газ является весьма ценным исходным сырьем для производства многих химических продуктов, а также дешевым и удобным видом топлива [4].

Большинство горючих газов в своем составе содержат сероводород, являющийся нежелательной примесью. Поэтому газы подвергаются специальной очистке, в результате которой побочно получается сероводородный газ, используемый для производства серной кислоты.

Очистка газов от сероводорода на практике реализуется различными способами, которые можно разделить на две группы: сухие методы, основанные на применении различных поглотителей или катализаторов в сухом виде, и мокрые методы, предусматривающие применение жидких поглотительных растворов.

Сероводород, как известно, содержит около 94 % серы, являющейся весьма ценным продуктом. Переработка сероводорода на серу, а затем производство из нее серной кислоты явно нецелесообразно, рациональнее перерабатывать сероводород непосредственно на серную кислоту, тем более что технологическая схема этого процесса очень проста [2].

К наиболее экономичным вариантам производства серной кислоты из сероводорода следует отнести метод мокрого катализа, который не только по теоретическим расчетам, но и по данным практики характеризуется лучшими

показателями по капиталовложениям и себестоимости переработки, а также позволяет использовать сероводородный газ как высокой, так и низкой концентрации. Метод примечателен тем, что сероводород, являющийся отходом многих производств, перерабатывается на продукт, имеющий высокую ценность в народном хозяйстве [1].

Производство серной кислоты из сероводорода состоит из трех основных стадий: сжигание сероводорода в воздухе с получением сернистого ангидрида; окисление сернистого ангидрида на катализаторе в серный ангидрид; выделение паров серной кислоты с последующей их конденсацией.

Аппаратурное оформление технологии производства серной кислоты из сероводорода одного производства может отличаться от другого. Это обусловлено такими параметрами как, концентрация и объем сероводородного газа, концентрация производимой кислоты и т.д. Несмотря на различные вариации технологии, все их можно объединить в одну принципиальную, которую можно изменять в зависимости от имеющихся параметров и т.д.

Вначале сероводородный газ поступает на сжигание в печь при температуре 1000-1300 °С. В топочной части происходит образование сернистого ангидрида по реакции $\text{H}_2\text{S} + 1,5\text{O}_2 = \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Q}$, при этом количество тепла (в млн. кДж/кг), выделившегося при сжигании сероводорода, составляет примерно 5,25 [3].

Температура обжигового газа на выходе из печи составляет около 1000 °С, а для оптимального протекания процесса окисления сернистого ангидрида до серного, температура газа, содержащего SO_2 , должна составлять 400-420 °С. Поэтому газ, после топочной части печи поступает в межтрубное пространство котла-утилизатора, предназначенного для охлаждения технологических газов и выработки водяного пара.

Далее технологический газ, содержащий SO_2 , поступает в контактный аппарат. Процесс окисления сернистого ангидрида в серный по реакции $\text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2 = \text{SO}_3 + \text{Q}$ проводится с использованием контактной массы, в которой катализатором является пятиокись ванадия V_2O_5 [2]. Для этого газ приводят в соприкосновение с катализатором, находящимся в стационарном или в псевдооживленном состоянии. Для осуществления процесса окисления SO_2 применяются различные контактные аппараты (реакторы), имеющие от трех до пяти слоев контактной массы: в последние годы преимущественное распространение получили контактные аппараты с промежуточным охлаждением (теплообменом), которые отличаются простотой, возможностью использования тепла реакции и другими достоинствами [1].

Промежуточное охлаждение технологического газа, вышедшего из контактного аппарата, необходимо для уменьшения затрат на конденсацию паров серной кислоты.

Последней и основной стадией производства серной кислоты методом мокрого катализа является абсорбция серного ангидрида. Механизм извлечения серного ангидрида различен в зависимости от того, осушивается ли газ перед контактным аппаратом или нет. Если осушка проводится, SO_3 абсорбируется

серной кислотой, если в контактный аппарат (а следовательно, и на абсорбцию) поступает влажный газ, происходит конденсация серной кислоты [2].

В газовой смеси, выходящей из контактного аппарата, содержатся серный ангидрид и пары воды. В абсорберах серная кислота извлекает из газовой смеси только триоксид серы, остальная часть газов удаляется в атмосферу [3]. При конденсации паров в трубчатом конденсаторе газовую смесь, содержащую пары, пропускают по трубам теплообменника, в межтрубном пространстве которого движется более холодный газ или жидкость [1]. Так же, конденсация паров серной кислоты при повышенных температурах может осуществляться в аппаратах барботажного типа. В таких аппаратах конденсация происходит на внутренней поверхности образующихся при барботаже газовых пузырьков, что позволяет существенно упростить аппаратное оформление процесса в конденсации.

Проанализировав имеющуюся информацию по производству серной кислоты из сероводорода, изучив особенности процесса, можно сделать некоторые выводы, позволяющие судить о данном методе, как о наиболее перспективном, эффективном и экономически выгодным способом переработки сероводорода. К ним относятся:

1. Экологическая направленность метода (т.к. утилизируется сероводород, являющийся высокотоксичным отходом некоторых производств);
2. Производство серной кислоты – высокоценного продукта химической промышленности;
3. Выработка водяного пара различного давления (осуществляется за счет утилизации тепла протекающих реакций). Стоит отметить, что выработанный пар может применяться как для технологических нужд, так и для выработки электроэнергии, тем самым, делая данный метод производства серной кислоты энергетически независимым;
4. Гибкость к параметрам сырьевого газа и производимой серной кислоты (возможность использования сероводородного газа как низкой, так и высокой концентрации, а также регулирование концентрации выпускаемой кислоты).

Список литературы

1. Амелин, А.Г. *Производство серной кислоты : учебник / А.Г. Амелин, Е.В. Яшке. – Москва : Высшая школа, 1980. – 245 с.*
2. Амелин, А.Г. *Производство серной кислоты из сероводорода методом мокрого катализа : учебник / А.Г. Амелин ; Москва : Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1960 . – 176 с.*
3. Амелин, А.Г. *Технология серной кислоты : учебное пособие для вузов / А.Г. Амелин ; Москва : Химия, 1983 . – 360 с.*
4. Москвичев, Ю.А. *Теоретические основы химической технологии : учебное пособие / Ю.А. Москвичев, А.К. Григоричев, О.С. Павлов ; Москва : Академия, 2005. – 272 с. – ISBN 5-7695-2038-8.*