Характеристика серной кислоты и сырья для её производства

Теоретическое занятие

Профессия: 18.01.05 Аппаратчик-оператор производства неорганических веществ

МДК.02.01 Технология производства неорганических веществ

Тема 1.1 Характеристика серной кислот и сырья для её производства

Преподаватель: Ткаченко И.Л.

2022

Технология производства серной кислоты

Процесс производства серной кислоты состоит из следующих основных стадий:

1) компримирование природного газа;

2) очистка природного газа от сернистых соединений;

3) паровая каталитическая конверсия метана (первичный риформинг);

4) компримирование воздуха и паровоздушная конверсия природного газа (вторичный риформинг);

5) двухступенчатая конверсия оксида углерода на высокотемпературном, среднетемпературном и низкотемпературном катализаторах;

6) очистка конвертированного газа от диоксида углерода;

7) метанирование остатков моно- и диоксида углерода;

8) копримирование азото-водородной смеси (АВС);

9) синтез аммиака при давлении 15 ÷ 32 МПа и выделение аммиака.[1] Блок-схема технологического процесса производства аммиака представлена на рисунке 1.

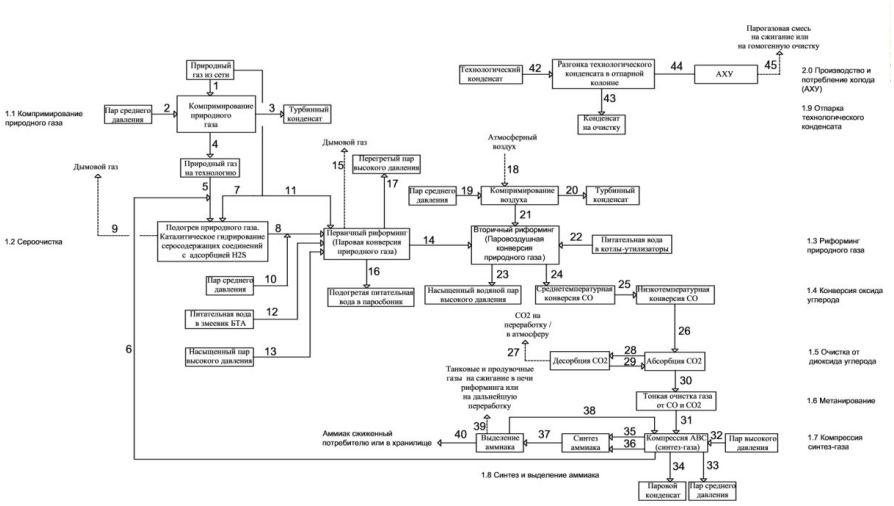


Рисунок 1. Блок-схема технологического процесса производства серной кислоты

1) Компримирование природного газа. Исходным сырьем для производства аммиака в агрегатах АМ-70, АМ-76, TEC, Chemico, HTAS является природный газ, поступающий из сети. Требования к качеству природного газа установлены в ГОСТ

[1] Куликов М. А. Технология производств неорганических веществ: учеб. пособие. – Пермь. Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2018.

5542-2014. В качестве топливного газа в огневом подогревателе используется часть природного газа, поступающего на агрегат. Образующийся в результате сжигания природного газа дымовой газ из огневого подогревателя выбрасывается в атмосферу.

2) Сероочистка природного газа Очистка природного газа от сернистых соединений производится в две ступени:

- I ступень — гидрирование органических соединений серы в H_2S на алюмо-кобальтовом, алюмомолибденовом или никель-молибденовом катализаторе.

- II ступень — поглощение сероводорода оксидом цинка. Гидрирование органических соединений серы в сероводород осуществляется при температуре 370 С ÷ 400 С, Поглощение сероводорода из газовой смеси осуществляется по следующей реакции:

$$H_2S + ZnO \rightarrow ZnS + H_2O$$

3) Риформинг природного газа. На большинстве агрегатов аммиака процесс конверсии метана природного газа осуществляется в две ступени: [2]

- I ступень — паровая каталитическая конверсия в трубчатой печи (первичный риформинг);

- II ступень — паровоздушная каталитическая конверсия в шахтном конверторе (вторичный риформинг).

В реакционных трубах на никелевом катализаторе при температуре на выходе не более 830 °С протекает процесс паровой каталитической конверсии природного газа по следующим реакциям:

$$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$$

$$CH_4 + CO_2 \leftrightarrow 2CO + 2H_2$$

$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$$

$$CH_4 + 0{,}5O_2 \leftrightarrow CO + 2H_2$$

Реакции окисления гомологов метана протекают аналогично. Остаточное содержание метана в газовой смеси на выходе из печи первичного риформинга составляет до 13 об. %.

---

[2] Магомедова М. В. Крупнотоннажные технологии получения водорода. – М.: МИРЭА, 2022.

Тепло, необходимое для процесса конверсии, получается за счет сжигания топливного газа в горелках печи.

4) Конверсия оксида углерода протекает по двухступенчатой схеме: [3]

- I ступень — на высокотемпературном или среднетемпературном катализаторе;

- II ступень — на низкотемпературном катализаторе.

В конверторе CO I ступени на высоко-/среднетемпературном катализаторе при температуре на выходе до 450 °C в зависимости от применяемой технологии происходит конверсия оксида углерода с водяным паром по реакции:

$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$$

Остаточное содержание CO после конвертора I ступени составляет не более 4 об. % (на сухой газ).

5) На агрегатах AM-70, AM-76, HTAS очистка производится абсорбцией CO2 растворами этаноламинов (моноэтаноламин (МЭА), метилдиэтаноламин (МДЭА). В результате конвертированный газ очищается до остаточного содержания CO_2 не более 0,03 об. %. Насыщенный диоксидом углерода раствор из абсорбера направляется на регенерацию. Регенерированный раствор абсорбента направляется на орошение абсорбера, а выделившаяся в результате десорбции фракция CO_2 выдается на переработку потребителям или сбрасывается в атмосферу.

6) Метанирование - тонкая очистка конвертированного газа от оксида и диоксида углерода (до их содержания не более $5 \div 10 \cdot 10{-}4$ %), являющихся ядами для катализатора синтеза аммиака, производится в метанаторе путем каталитического гидрирования их до метана по реакциям:

$$CO + 3H_2 \leftrightarrow CH_4 + H_2O$$

$$CO_2 + 4H_2 \leftrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

7) В зависимости от применяемой технологии сжатие АВС осуществляется в двух-или трехкорпусном центробежном компрессоре, имеющем три или четыре ступени для сжатия синтез-газа и ступень для сжатия циркуляционного газа. Привод

---

[3] Козадерова О. А. Материальные и тепловые балансы в технологии аммиака и азотной кислоты: Учебное пособие. – Воронеж. Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2020.

компрессора осуществляется от паровой турбины, потребляющей пар высокого давления.

8) В колонне синтеза аммиака на катализаторе (промотированное железо) при температурах 390 ÷ 530 °С протекает экзотермическая реакция образования аммиака из АВС:

$$3H_2 + N_2 \leftrightarrow 2NH_3$$

Циркуляционный газ после колонны синтеза в зависимости от применяемой технологии выходит с температурой до 350 °С и содержанием аммиака до 19,9 %.

Список использованной литературы

1. Козадерова О.А. Материальные и тепловые балансы в технологии аммиака и азотной кислоты: учебное пособие. – Воронеж. Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2020. – 71 с.
2. Кузнецов Ю.В., Никифоров А.Г. Энергосбережение в агропромышленном комплексе: учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2023. – 328 с.
3. Куликов М.А. Технология производств неорганических веществ: учебное пособие. – Пермь. Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2018. – 200 с.
4. Магомедова М.В. Крупнотоннажные технологии получения водорода. – М.: МИРЭА, 2022. – 40 с.
5. Минченков Е.Е. Практическая дидактика в преподавании естественнонаучных дисциплин: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2020. – 492 с.
6. Потехин В.М. Химия и технология углеводородных газов и газового конденсата. СПб.: – Лань, 2022. – 712 с.