

Е.В. Габалов, М.А. Зильберглейт
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ВАРИАНТЫ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ СЕРНОГО АНГИДРИДА ИЗ КОНВЕРТИРОВАННОГО ГАЗА СЕРНОКИСЛОТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Проанализированы некоторые особенности вариантов повышения энергоэффективности процесса выделения серного ангидрида из конвертированного газа для различных сернокислотных систем.

E.V. Gabalov, M.A. Silbergleit
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

SCENARIOS OF SULPHURIC ACID SYSTEM ANHYDRIDE SEPARATION FROM CONVERTED GAS OF SULPHURIC

Abstract. The paper analyzes some specific scenarios of improving energy efficiency of sulphuric anhydride separation from converted gas for different sulphuric systems.

Повышение выпуска фосфорсодержащих минеральных удобрений напрямую связано с соответствующим увеличением производства серной кислоты. В качестве основного направления реконструкции сернокислотных систем двойного контактирования с двойной абсорбцией (ДК/ДА) наряду с увеличением их мощности предлагается внедрение процессов утилизации тепла абсорбции, доля которого в общем тепловыделении процесса получения серной кислоты из серы составляет ~30%, для получения насыщенного пара низкого давления [1]. Для получения пара с давлением 0,6–1,0 МПа температура серной кислоты в цикле установки утилизации тепла абсорбции должна быть более 200°C, что требует использования оборудования (сборник, котел, холодильник, кислотный насос и кислотопроводы), изготовленного из специальных коррозионностойких сталей [2]. При этом необходимо точно выдерживать концентрацию серной кислоты с высокой температурой в очень узком диапазоне (99,1 – 99,6 % масс.). Для реализации данного процесса в сушильно-абсорбционном отделении устанавливают дополнительное теплообменное оборудование (котел-утилизатор и теплообменники) и абсорбер особой

конструкции.

Использование тепла абсорбции с получением пара энергетических параметров (процесс HRS – Heat Recovery System) требует значительных финансовых затрат. Процесс характеризуется высокими температурами рабочих сред, узким диапазоном рабочих параметров, при которых функционирование системы является безопасным.

С этой точки зрения могут представить интерес варианты оформления аппаратурно-технологического оформления процесса выделения серного ангидрида из конвертированного технологического газа с заменой процесса абсорбции серной кислоты на процесс ее конденсации. Изначально процесс конденсации серной кислоты с использованием конденсаторов разрабатывался и внедрялся фирмой «Haldor Topsoe» в технологии получения серной кислоты из сероводородсодержащих газов нефтеперерабатывающих заводов методом «мокрого катализа» WSA (Wet gas Sulphuric Acid).

Конденсатор WSA является оригинальным оборудованием и поставляется компанией «Топсе». Конденсатор WSA представляет собой теплообменный аппарат с падающей пленкой в трубках, изготовленных из боросиликатного ударопрочного и кислотостойкого стекла. Технологический газ направляется снизу вверх по трубкам, которые с внешней стороны охлаждаются атмосферным воздухом. Серная кислота конденсируется на стенках трубок и стекает вниз, концентрируясь в противотоке горячего технологического газа. Теплота реакции гидратации SO_3 и конденсации паров серной кислоты, в конце концов, рекуперированы в котле-утилизаторе, где вырабатывается пар. В промышленности эксплуатируются установки WSA производительностью до 1100 т/сут серной кислоты [3,4].

В развитие вышеописанного процесса фирма «Haldor Topsoe» представила новую технологию серной кислоты с двойной конденсацией – WSA-DC [2]. Эта технология объединяет преимущества ранее рассмотренной технологии WSA, особенно ее энергоэффективность, и высокую степень превращения, характерную для системы двойного контактирования. В состав аппаратурно-технологической схемы входит:

- печь сжигания серы с котлом-утилизатором;
- каталитический конвертер SO_2 , работающий по схеме 3+1;
- промежуточный и конечный конденсаторы WSA.

Сравнительные показатели различных процессов выделения серного ангидрида, приведенные в таблице, показывают последовательное увеличение энергоэффективности, рассматриваемых

вариантов. Мощности производства в каждом случае ~ 600 т/сут серной кислоты, степень конверсии SO₂ –99,8%.

Как указывается в [5], помимо описанных выше вариантов процесса выделения SO₃ из конвертированного технологического газа в России разрабатывается и находится в стадии испытаний альтернативный вариант, заключающийся в реализации процесса конденсации серной кислоты и получения низкопотенциального пара в одном аппарате, что позволит существенно упростить процесс утилизации тепла.

Таблица - Сравнение показателей процессов WSA, WSA-DC и ДК/ДА

Показатели	ДК/ДА	WSA	WSA-DC
Поток сырьевого газа, нм ³ /ч	47300	91000	56800
Содержание SO ₂ в питающем газе, %	12,10	6,29	10,08
Поток очищенного газа, нм ³ /ч	38800	78700	41900
Содержание SO ₂ в очищенном газе, ppm	250	123	231
Суммарная энергогенерация, МВт	6,4	8,5	9,2
Потребление электроэнергии, МВт	1,4	1,9	1,8
Нетто-выработка электроэнергии, МВт	5,0	6,6	7,4
Приведенные расходы, %	110	100	90

С учетом представленной информации важно установить взаимодействие со специализированными организациями России для возможности выбора и реализации наиболее эффективного варианта процесса выделения SO₃ из конвертированного технологического газа.

Список использованных источников

1. Амелин А.Г. Технология серной кислоты – Изд. 2-е, перераб. – Москва : Химия, 1983. – 359 с.
2. Серная кислота: свойства, производство, применение: в 2 т. Т. I / под ред. Левина Б.В. – Москва: Инфохим, 2014.
3. Переработка кислого газа. Справочник процессов нефтепереработки – 2003 // Нефтегазовые технологии. – 2003. – №3. – С.109.
4. Лаурсен Й.К. Технологии для рекуперации серы, регенерации отработанной серной кислоты и снижения выбросов NO_x/Й.К. Лаурсен, А.Н. Караванов//Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2006. – №5. – С.3-6.

5. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот: ИТС 2-2019. – Москва: Бюро НТД, 2019. – 385с.

УДК 666.3/.7

Т. С. Гудыма^{1,2}, Ю. Л. Крутский¹

¹Новосибирский государственный технический университет

²Новосибирский химико-технологический колледж им. Д.И. Менделеева
Новосибирск, Россия

МЕХАНИЧЕСКИЕ И НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ B_4C-TiB_2 , B_4C-ZrB_2

Аннотация. Представлены результаты исследования механических и нейтронно-физических свойств композиционной керамики на основе карбида бора, содержащей добавки диборидов титана и циркония (10-30 мол. %). Наиболее высокие значения трещиностойкости были характерны для образцов, содержащих 30 мол. % диборидов. Наблюдалось повышение поглощающей способности керамики при введении добавок.

T. S. Gudyma^{1,2}, Yu. L. Krutskiy¹

¹Novosibirsk State Technical University

²Novosibirsk Chemical Engineering College named after D.I. Mendeleev
Novosibirsk, Russia

MECHANICAL AND NEUTRON-PHYSICAL PROPERTIES OF B_4C-TiB_2 , B_4C-ZrB_2 CERAMICS

Abstract. The results of the study of mechanical and neutron-physical properties of composite ceramics based on boron carbide containing additives of titanium and zirconium diborides (10-30 mol %) are presented. The highest fracture toughness values were characteristic of the samples containing 30 mol % of diborides. An increase in the absorption capacity of ceramics was observed with the introduction of additives.

Сочетание таких свойств как низкая плотность и высокая твердость делает карбид бора B_4C перспективным материалом для изготовления керамики. Такая керамика применима в производстве легкой брони и режущих инструментов [1]. Также за счет большого сечения поглощения нейтронов, карбид бора перспективен для применения в области атомной энергетики [2]. Ограничением в производстве и применении керамики B_4C является плохая