

Скундин А.М., Гусева Е.К. и др. // Электрохимия. – 1997. – Т.33. – № 5. – С.624-628.

8. Растворы гипохлорита натрия для медицины и ветеринарии / Величенко А.Б., Гиренко Д.В., Лукьяненко Т.В. и др. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2006. – № 6. – С.160-164.

9. Определение кислородсодержащих соединений хлора (I,III,V) в препаратах ветеринарного и медицинского назначения на основе гипохлорита натрия / Плаксиенко И.Л., Лукьяненко Т.В., Коцюмбас Г.И., Коцюмбас И.Я., Тесляр Г.Ю., Величенко А.Б. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2007. – № 1. – С.14-16.

Поступила в редакцию 24.12.2012

УДК 661.482:661.487

Г.И. Гринь, В.И. Созонтов, В.А. Пономарев, А.Я. Лобойко

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА ПОГЛОЩЕНИЯ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА РЕАГЕНТАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ Кальций

ЧАО «Северодонецкое объединение АЗОТ», г. Северодонецк

Исследован процесс и условия поглощения фтористого водорода кальцийсодержащими реагентами. Получены зависимости степени поглощения от ряда технологических параметров (линейной скорости потока, плотности орошения, температуры).

Введение

Стадия поглощения фтороводорода является необходимым условием соблюдения действующего экологического законодательства целым рядом химических производств. Это актуально и для процессов переработки (утилизации) систем на основе концентрированной нитратной кислоты, которая осложнена наличием в последних ингибитора коррозии HF.

Одним из решений этой проблемы является поглощение фтористого водорода реагентами, содержащими в своем составе кальций.

Цель работы. Определить условия поглощения фтористого водорода кальцийсодержащими реагентами, установить эффективность работы абсорбционной колонны в зависимости от линейной скорости газов, плотности орошения и температуры.

Экспериментальная часть

Изучение условий процесса поглощения фтористого водорода суспензиями карбоната или гидроксида кальция проводили на установке, изготовленной из фторопласта и лабораторного стекла. Принципиальная схема установки показана на рис. 1. Абсорбцию фтористого водорода осуществляли при атмосферном давлении в насадочной колонне 2 диаметром 0,03 м и высотой 0,8 м. В качестве насадки применяли фторопластовые кольца Рашига размером $(5 \times 5 \times 2) \cdot 10^{-3}$ м.

Предварительные расчеты и апробация колонны на эталонных смесях [1–2] показали, что высота, эквивалентная теоретической тарелке, равна 0,084 м. Высота слоя насадки в колонне 2 составляла 0,34–0,68 м, что соответствовало 4–8 теоретическим тарелкам.

В процессе эксперимента, при изучении условий процесса, плавиковую кислоту заливали в испаритель 1, который снабжен рубашкой для обогрева термостатической жидкостью. При достижении требуемой температуры в испаритель 1 подавали воздух, который насыщали парами HF и подавали H₂O.

В процессе эксперимента, при изучении условий процесса, плавиковую кислоту заливали в испаритель 1, который снабжен рубашкой для обогрева термостатической жидкостью. При достижении требуемой температуры в испаритель 1 подавали воздух, который насыщали парами HF и подавали H₂O.

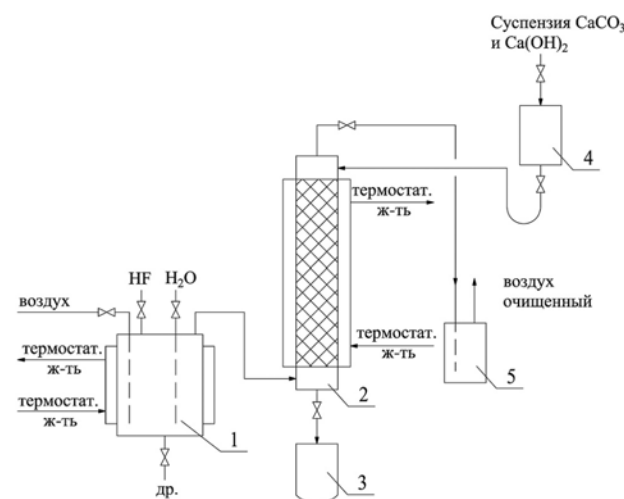


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования процесса поглощения фтористого водорода кальцийсодержащими реагентами: 1 % испаритель; 2 % насадочная колонна; 3 % приемник; 4 % напорная емкость; 5 % санитарная емкость

Газовую смесь, насыщенную HF, направляли в нижнюю часть абсорбционной колонны 2, на орошение которой в верхнюю часть подавали из напорной емкости 4 суспензию карбоната или гидроксида кальция. По мере движения газовой смеси снизу вверх происходило снижение концентрации фтористого водорода вследствие взаимодействия его с ионами кальция и образования фторида кальция. Обесфторенный воздух, содержащий пары воды и капли суспензии, сбрасывали из верхней части абсорбционной колонны 2 через дренсель 5, заполненный водой, в атмосферу. Водный раствор фторида кальция собирали в приемнике 3.

Во время эксперимента измеряли температуру в верхней и нижней части абсорбционной колонны 2, фиксировали расходы воздуха и суспензии, содержания фтористого водорода в воздухе на входе и выходе из абсорбционной колонны 2 и на выходе из дренселя 5. По окончании опыта измеряли количества израсходованной суспензии, образовавшейся суспензии фторида кальция и концентрацию в ней CaF_2 , а также содержание карбоната и гидроксида кальция в дренселе 5 и количество в нем раствора.

Результаты и их обсуждение

В производстве плавиковой кислоты имеется стадия абсорбции фтористого водорода водой, которая достаточно изучена [3,4]. Системному исследованию процесса поглощения HF кальцийсодержащими компонентами практически не уделялось внимания, так как продуктом реакции является фторид кальция, который является природным сырьем, используемым в различных отраслях химической промышленности, в том числе и в производстве соединений фтора. В то же время в промышленном масштабе существуют стадии очистки с помощью известкового молока отходящих газов, в которых, наряду с другими компонентами, содержится HF.

Большой научный и практический интерес представляют исследования процесса поглощения фтористого водорода реагентами, содержащими ионы кальция. К таким реагентам можно отнести карбонат и гидроксид кальция, как наиболее доступные и недорогие продукты. С целью определения эффективных технологических и гидродинамических параметров процесса и были проведены данные исследования. Результаты исследований представлены на рис. 2–3. На эффективность работы абсорбционной колонны существенное влияние оказывает линейная скорость газов. Из рис. 2 видно, что с увеличением линейной скорости газов степень поглощения фтористого водорода уменьшается. При температуре 333 К и плотности орошения 20000 кг/(м²·ч) с ростом линейной скорости газов от 0,05 до 0,5 м/с степень поглощения HF карбонатом кальция понижается от 66,5 до 11,0%, а гидроксидом кальция – от

89,8 до 27,6%. Оптимальная скорость газов находится в интервале от 0,1 до 0,2 м/с.

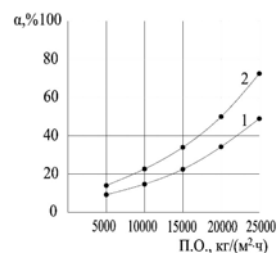


Рис. 2. Зависимость степени поглощения HF от плотности орошения абсорбционной колонны при $T=333$ К и $W=0,15$ м/с с использованием реагентов: 1% CaCO_3 ; 2% Ca(OH)_2

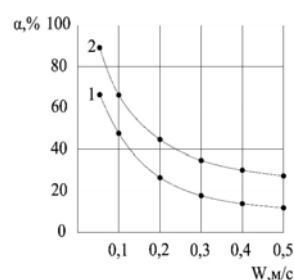


Рис. 3. Зависимость степени поглощения HF от температуры в абсорбционной колонне при $W=0,15$ м/с и плотности орошения 20000 кг/(м²·ч) с использованием реагентов: 1% CaCO_3 ; 2% Ca(OH)_2

Эффективность работы абсорбционной колонны в значительной мере зависит также от плотности орошения. Из экспериментальных данных, представленных на рис. 3, видно, что с повышением плотности орошения происходит увеличение степени поглощения фтористого водорода. С увеличением плотности орошения от 5000 до 25000 кг/(м²·ч) при температуре 333 К и линейной скорости газов от 0,15 м/с степень поглощения фтористого водорода карбонатом кальция возрастает от 9,2 до 49,3%, а гидроксидом кальция – от 14,8 до 73,6%. Оптимальная плотность орошения составляет 18000 – 22000 кг/(м²·ч).

С ростом плотности орошения и линейной скорости газов происходит, с одной стороны, интенсификация массообмена в абсорбционной колонне, а с другой стороны – сокращение времени взаимодействия реагентов. Преобладание одного из факторов и характеризует зависимость степени поглощения фтористого водорода от плотности орошения и линейной скорости газов.

На процесс поглощения фтористого водорода заметное влияние оказывает температура. Из рис. 4 видно, что при линейной скорости газов 0,15 м/с и плотности орошения 20000 кг/(м²·ч) повышение температуры от 293 до 373 К приводит к снижению степени поглощения фтористого водорода карбонатом кальция от 88,9 до 19,1% и

гидроксидом кальция от 100 до 32%. Оптимальная температура составляет 293–303 К.

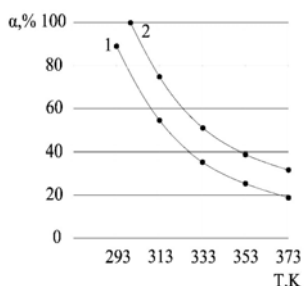


Рис. 4. Зависимость степени поглощения HF от температуры в абсорбционной колонне при $W=0,15$ м/с и плотности орошения 20000 кг/(м²·ч) с использованием реагентов: 1% CaCO₃; 2% Ca(OH)₂

Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что наиболее эффективным реагентом для поглощения фтористого водорода является гидроксид кальция. Однако, учитывая дешевизну и доступность карбоната кальция, целесообразно для стадии поглощения HF использовать именно этот реагент.

Выводы

Таким образом, определены условия поглощения фтористого водорода кальцийсодержащими реагентами и установлено, что эффективность работы абсорбционной колонны зависит от линейной скорости газов, плотности орошения и

температуры. Показана целесообразность применения на стадии абсорбции фтористого водорода доступного и дешевого карбоната кальция.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рамм В.М. Абсорбция газов. — М.: Химия, 1976. — 656 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.Н. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: — Л.: Госхимиздат, 1961. — 574 с.
3. Давление паров над растворами системы HNO₃–H₃PO₄–HF–H₂O при 40°C и 60°C / М. Сахиев, Б.А. Дмитриевский, Б.А. Копылев, М.Е. Позин // Технология минеральных удобрений. — Л.: Труды ЛТИ им. Ленсовета. — 1974. — Вып.4. — С.122-126.
4. Казаков В.В., Гринь Г.И., Созонтов В.Г. Кінетика виділення фтороводню з водних розчинів азотної кислоти. — К.: Хім. пром. України. — №1. — 1998. — С.51-53.
5. Созонтов В.И., Казаков В.В., Гринь Г.И. Технология утилизации меланжей — Северодонецк: ОАО «Северодонецкая городская типография», 2006. — 176 с.
6. Пономарев В.А., Гринь Г.И. Исследование процесса извлечения фтористого водорода из многокомпонентных смесей на основе концентрированной HNO₃ // Научная дискуссия: вопросы технических наук: Тез. докл. материалов II междунар. заочной научно-практической конф. — М.: Изд-во. Междунар. центр науки и образования, 2012. — С.73-79

Поступила в редакцию 28.11.2012