

Изобретение относится к очистке отходящих газов от примесей, более конкретно, к способу очистки отходящих газов от окислов серы.

Известен способ очистки отходящих газов от окислов серы, включающий контактирование отходящих газов с неподвижным слоем твердого адсорбента, содержащего окислы металлов на носителе, при температуре от 150 до 400°C, отвод очищенных отходящих газов, регенерацию указанного адсорбента, насыщенного окислами серы, путем контактирования с восстанавливающим газом, в частности водородом или газовой смесью, содержащей водород и окись углерода, при температуре от 150 до 450°C с последующей подачей получаемого при этом газового потока на получение полезного вещества, например серной кислоты или элементарной серы [1].

Основной недостаток известного способа заключается в том, что адсорбированные окислы серы высвобождаются в результате воздействия восстанавливающего газа. Использование восстанавливающего газа, такого, например, как водород и окись углерода, для регенерации отработанного адсорбента отрицательно сказывается на экономичности процесса. Получение таких газов представляет собой потребляющий энергию процесс, что приводит к повышению общих затрат на процесс.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому эффекту является способ очистки отходящих газов от окислов серы, включающий контактирование отходящих газов с неподвижным слоем твердого адсорбента, содержащего окислы или (пиро)сульфаты ванадия и калия и нанесенного на пористый носитель при температуре примерно до 400°C, отвод очищенных отходящих газов, регенерацию указанного адсорбента, насыщенного окислами серы, путем контактирования с подогретым до температуры примерно 650°C воздухом с последующей подачей получаемого при этом газового потока на получение серной кислоты [2].

Недостатком известного способа является то, что наличие используемого для регенерации адсорбента и последующего получения серной кислоты потока воздуха, который затем подлежит очистке, усложняет не только технологию получения серной кислоты из содержащих окислы серы отходящих газов, но и повышает капиталовложения и производственные затраты.

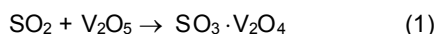
Задачей изобретения является снижение общих затрат производства серной кислоты из отходящих газов, содержащих окислы серы.

Данная задача решается в способе очистки отходящих газов от окислов серы, включающем стадии контактирования отходящих газов с неподвижным слоем твердого адсорбента на основе пятиокси ванадия, нанесенного на пористый носитель, при температуре от 250 до 400°C, отвода очищенных отходящих газов, регенерации указанного адсорбента, содержащего окислы серы, путем контактирования с воздухом при температуре от 500 до 650°C с последующей подачей получаемого при этом газового потока на получение серной кислоты за счет того, что перед подачей на получение серной кислоты часть используемого для регенерации воздуха рециркулируют в неподвижный слой адсорбента, содержащего дополнительно пиросульфаты по меньшей мере одного щелочного металла.

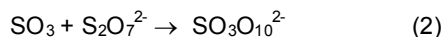
Получение серной кислоты предпочтительно осуществляют путем гидратации десорбировавшейся серы в используемом для регенерации воздуха до паров серной кислоты и конденсации образовавшихся паров серной кислоты в аппарате известной конструкции.

Согласно предпочтительному признаку осуществления изобретения используют твердый адсорбент, который представляет собой пористый носитель из двуокиси кремния с объемом пор от 0,3 до 1 см³/г, содержащий от 5 до 9 мас.% пятиокси ванадия и пиросульфатов натрия и калия при молярном соотношении калия или натрия к ванадию, равном 2–4 и 0–1 соответственно. Такие адсорбенты изготавливаются заявителем и имеются в торговле под названием "VR-Catalyst". Они представляют собой кольцеобразные частицы или монолитный блок с выполненными в нем сквозными каналами.

При осуществлении предлагаемого способа содержащиеся в отходящих газах окислы серы, обычно в виде двуокиси серы, сначала каталитически окисляются до трехокиси серы при температуре от 250 до 400°C путем контактирования отходящих газов с пятиокисью ванадия согласно следующей схеме реакции:

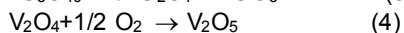
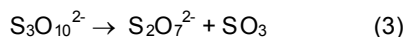


Образовавшаяся трехокись серы адсорбируется находящимися в порах адсорбента пиросульфатам, причем пиросульфат претерпевает следующее превращение:



На следующей стадии процесса отработанный адсорбент, содержащий трехокись серы, регенерируется воздухом.

При температурах выше 500°C трехокись серы десорбируется из пиросульфатов и тетрахлорид ванадия окисляется до пятиокси ванадия согласно следующей схеме реакции:



Процессы адсорбции и регенерации можно осуществлять непрерывно, например, за счет того, что используют по меньшей мере два параллельно работающих слоя адсорбента, при этом по меньшей мере один слой находится на стадии адсорбции, а другой слой – на стадии регенерации.

На чертеже представлена упрощенная схема предпочтительного варианта осуществления предлагаемого способа.

В представленной на чертеже установке, содержащей параллельно работающие адсорберы 1–6, один адсорбер всегда находится на стадии регенерации. Во время регенерации адсорберы связаны с аппаратом 7 для получения серной кислоты путем конденсации (далее "конденсатор 7").

Подаваемые по линии 8 отходящие газы, содержащие окислы серы, распределяются по работающим при температурах от 250 до 450°C адсорберам 1–6 через линии 9–14 с размещенными в них клапанами 15–20.

Каждый адсорбер 1–6 содержит неподвижный слой 21 упомянутого торгового, имеющего каталитические свойства адсорбента в виде монолитных блоков, имеющих сквозные каналы с внутренним диаметром 6 мм. Во время пропускания через адсорберы 1–6 двуокись серы в отходящих газах окисляется и адсорбируется на адсорбенте. По линиям 22–27 отводится не содержащий серу газ, который выпускается в атмосферу по линии 28.

Согласно чертежу отработанный адсорбент в адсорбере 6 регенерируется воздухом при 350–600°C, который подается по линии 29 и рециркуляционной линии 30.

Во время регенерации горячим воздухом адсорбированная трехокись серы десорбируется описанным выше образом. Содержащий трехокись серы воздух отводится из адсорбера 6 при помощи клапана 31. Часть этого воздушного потока рециркулируется по линии 30 и смешивается с дополнительным воздушным потоком, подаваемым по линии 29. Остаток отработанного воздуха подают по линии 32 в конденсатор 7.

При высоких температурах регенерации часть трехоксида серы может разлагаться до двуоксида серы. Поэтому отработанный воздух, который подается в конденсатор 7, можно предварительно подавать на стадию каталитического окисления, где двуокись серы окисляется до трехоксида серы путем контактирования со стандартным катализатором.

В конденсаторе 7 расположены стеклянные трубки 33, которые снаружи охлаждаются воздухом. В конденсаторе 7 отработанный воздух проходит внутри трубок 33. При этом осуществляется косвенный теплообмен с охлаждающим воздухом, подаваемым в конденсатор 7 по линии 34. При этом трехокись серы в воздухе конденсируется в трубках до серной кислоты.

После пропускания через трубки 33 используемый для регенерации воздух очищен и его выпускают в атмосферу через линию 35.

Охлаждающий воздух подают по наружной поверхности трубок 33 противотоком к отработанному воздуху, пропускаемому через трубки 33. После охлаждения трубок 33 охлаждающий воздух отводят из конденсатора 7 по линии 36. Часть отводимого охлаждающего воздуха рециркулирует по линии 29 в адсорбер 6, в котором он используется в качестве свежего воздуха для осуществления регенерации отработанного адсорбента. Перед подачей в адсорбер 6 воздух подогревают в теплообменнике 37 путем косвенного теплообмена с отработанным воздухом, отводимым из адсорбера 6. Подогретый воздух смешивают с рециркулируемым по линии 30 воздухом и объединенный воздушный поток далее нагревается при помощи горелки 38 до подачи в адсорбер 6. Линия 30 связана с адсорберами 1–5 при помощи клапанов 39–43.

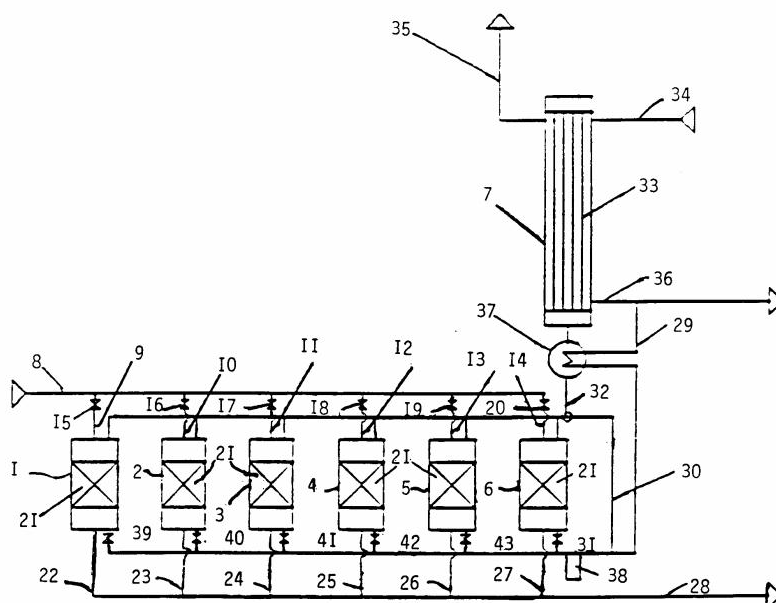
Последующие процессы очистки отходящих газов осуществляют аналогично вышеописанному ряду действий. При осуществлении каждого цикла очистки всегда 5 адсорберов находятся на стадии адсорбции, а один адсорбер – на стадии регенерации.

Пример. В установку подают отходящие газы, содержащие 600 ч./мл двуоксида серы, примерно 7% воды и около 4% кислорода. Всего 106 $\text{нм}^3/\text{ч}$ отходящих газов распределяют при температуре 350°C по адсорберам 1–5, которые находятся на стадии адсорбции. Адсорбер 6 находится на стадии регенерации. Каждый адсорбер 1–6 содержит 41,103 кг упомянутого адсорбента марки VK, который имеет адсорбционную емкость примерно 0,05 кг трехоксида серы на кг адсорбента. При пропускании через адсорберы 1–5 570 $\text{нм}^3/\text{ч}$ двуоксида серы в отходящих газах адсорбируется адсорбентом в течение 5 ч. При этом содержание двуоксида серы в отходящих газах снижается на 95%. При этом получают очищенный газ, содержащий 30 ч./мл двуоксида серы и около 5 ч./мл трехоксида серы.

Регенерацию адсорберов (в данном примере адсорбера 6) осуществляют при использовании воздуха, подаваемого в направлении, противоположном направлению перемещения отходящих газов во время адсорбции. 39000 $\text{нм}^3/\text{ч}$ охлаждающего воздуха, выходящего из конденсатора 7, направляют на стадию регенерации. Этот охлаждающий воздух с температурой примерно 205°C подогревают до температуры примерно 377°C в теплообменнике 37. Во время первых 30 мин цикла регенерации воздух смешивают с 40000 $\text{нм}^3/\text{ч}$ отработанного воздуха, который рециркулирует со стадии регенерации, осуществляемой в адсорбере 6. Общий поток 79 $\text{нм}^3/\text{ч}$ воздуха далее нагревается до 580°C при помощи горелки 38, размещенной между местом объединения линий 29 и 30 и адсорбером 6. Горячий воздух приводит к нагреву адсорбера, в результате чего горячие воздушные волны перемещаются через слой адсорбента. Через 30 мин примерно 40000 нм^3 горячего воздуха пропущено через адсорбер, после чего рециркуляцию и работу горелки прекращают и адсорбер переключают на 30-ти минутную регенерацию при температуре примерно 377°C путем подачи 39000 $\text{нм}^3/\text{ч}$ предварительно подогретого охлаждающего воздуха, отводимого из конденсатора 7. Всего через 60 мин клапан регенерации 31 закрывают.

Во время регенерации адсорбера 6 адсорбированная трехокись серы десорбируется и поглощается потоком 40000 $\text{нм}^3/\text{ч}$ воздуха. Перед подачей в конденсатор 7 воздух подают на стадию каталитического окисления серы. После осуществления этого процесса используемый для регенерации воздух содержит 1,41% трехоксида серы, 0,014 % двуоксида серы и около 3% воды. Перед введением в конденсатор 7, в котором осуществляется десульфурация, температура отработанного воздуха доводится до 270°C путем вышеописанного косвенного теплообменника.

В конденсаторе 7 основная часть трехокиси серы, содержащейся в отработанном воздухе, конденсируется в виде серной кислоты, которая отводится на днище конденсатора по линии 36. Очищенный таким образом воздух содержит примерно 5 ч./мл трехокиси серы и 145 ч./мл двуокиси серы. Он отводится из конденсатора 7 по линии 35.



Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
(03122) 3 – 72 – 89 (03122) 2 – 57 – 03
