

## Технический Бюллетень № 71

### Удаление ртути из газовых потоков активированными углями Norit RBHG

Газ/Воздух

Документ №  
ТВ 71/03-03

Продукт/Применение

Версия

05 - 07

Norit Nederland BV

Nijverheidsweg-Noord 72  
3812 PM Amersfoort  
P.O. Box 105  
3800 AC Amersfoort  
The Netherlands

T: +31 33 46 48 911  
F: +31 33 46 17 429  
E: sales@norit.com  
I: www.norit-ac.com

#### 1. ВВЕДЕНИЕ

Norit RBHG 3 и Norit RBHG 4 являются импрегнированными серой активированными углями, разработанными для удаления элементарной ртути из потоков природного газа, воздуха и водорода.

Ртуть может содержаться в природном газе в концентрациях от незначительных до нескольких десятков ppm. Ртуть является опасным для окружающей среды элементом. Кроме этого, ртуть оказывает вредное воздействие на эффективность технологического процесса, оборудования и здоровья человека.

Когда концентрация ртути превышает максимально допустимые значения, газовый поток требует очистки.

Активированные угли Norit RBHG сочетают в себе оптимальную степень импрегнирования и идеальную поровую структуру для того что бы обеспечить низкое падение давление и высокую поглотительную способность. Импрегнирование серой обеспечивает химическое превращение ртути в сульфид ртути, что позволяет достигать эффективной адсорбционной емкости по ртути на уровне 15% (масс.) и выше. Высокие адсорбционная емкость и кинетика адсорбции обеспечивают конкурентоспособность использования активированных углей Norit RBHG в сравнении с другими технологиями удаления ртути из различных газовых потоков.

#### 2. ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ.

Природный газ используется в различных отраслях. Переработка газа производится везде где есть газ. Подготовленный или переработанный газ используется:

- в химической промышленности
- энергетике
- частном секторе
- и др.

В силу своего происхождения, природный газ содержит различные сторонние вещества. Наиболее часто в природном газе встречаются следующие вещества:



- диоксид углерода
- сульфид водорода и другие серосодержащие соединения
- вода
- ароматические соединения
- ртуть

Существуют технологии для удаления каждого из указанных соединений, такие как аминовые и гликолевые абсорбционные колонны, осушители на молекулярных ситах, адсорберы с активированным углем и другие.

Ртуть должна быть удалена из природного газа из следующих соображений:

- недопущение отравления катализатора
- во избежание коррозии дорогостоящего оборудования, например такого, как алюминиевые теплообменники.
- охрана природы.
- охрана здоровья персонала.

На ряду с очисткой природного газа, удаление ртути требуется в следующих процессах:

- из воздуха в стоматологических клиниках.
- из водорода в хлорно-щелочных производствах.
- из CO<sub>2</sub> в производстве диоксида углерода из природного газа.
- из топочных газов при сжигании и утилизации отходов.

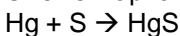
Очистка от ртути на активированном угле должна проводиться на последнем этапе очистки природного газа, так как этой технологией удаляется в основном элементарная ртуть. На предыдущих этапах из природного газа должны быть удалены органические и неорганические соединения ртути.

### 3. ИМПРЕГНИРОВАННЫЕ АКТИВИРОВАННЫЕ УГЛИ.

#### 3.1. Механизм адсорбции (хемосорбции).

Активированный уголь имеет низкое сродство с ртутью. Это объясняет ограниченные адсорбционные свойства активированного угля к ртути. Чтобы улучшить эти адсорбционные свойства активированный уголь импрегнируют. Импрегнирующие вещества должны вступить в реакцию с ртутью, а продукты реакции должны адсорбироваться на поверхности угля. Этот процесс называется хемосорбцией. Хорошо известны такие импрегнирующие вещества, как сера и йодистый калий. Для очистки природного газа наиболее эффективно использовать активированные угли импрегнированные серой. Импрегнированные серой активированные угли имеют наивысшие адсорбционную (хемосорбционную) емкость и эффективность удаления ртути.

Элементарная ртуть вступает в реакцию с серой по следующему уравнению:



Активированный уголь имеет высокое сродство к сульфиду ртути и сульфид ртути легко адсорбируется на активированном угле заполняя большой объем порового пространства. Эта технология широко известна в мире, как наиболее эффективная технология для удаления ртути из природного газа.

Компания Norit предлагает экструдированные угли импрегнированные серой – Norit RBHG 3 и Norit RBHG 4 с диаметром гранул 3 и 4 мм соответственно. Эти угли обладают идеальным распределением сульфида серы внутри пор, что выражается в высоких показателях равновесной и эффективной адсорбционных емкостей. Например, для угля Norit RBHG 4 равновесная адсорбционная емкость составляет – 30% массовых ртути на 70% угля, а эффективная емкость составляет более 15%.

Рис. 1. Типы активированных углей.



Экструдированный активированный уголь  
Norit RBHG 4

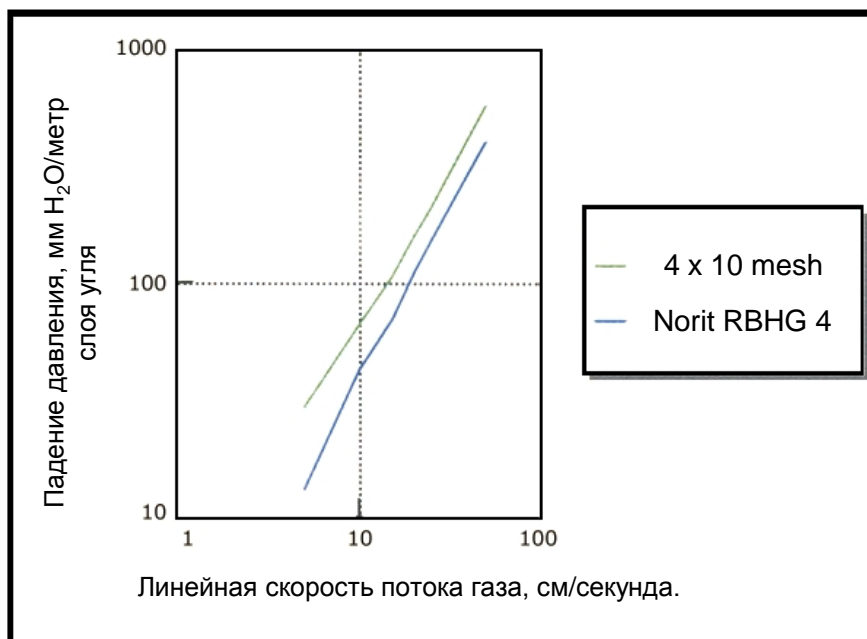


Гранулированный молотый активированный уголь

### 3.2. Физические свойства активированного угля Norit RBHG.

Кроме равномерности распределения сульфида серы внутри пор, важными характеристиками являются также твердость активированных углей и падение давления на слое активированного угля.

Благодаря форме гранул углей Norit RBHG, поток газа равномерно распределяется по слою активированного угля, что обуславливает снижение падения давления на слое. На рис. 2 приведены сравнительные характеристики зависимости падения давления от скорости потока газа для экструдированного активированного угля Norit RBHG 4, с диаметром гранул 4 мм, и гранулированного молотого активированного угля с размером частиц 4 x 10 mesh (1,7 – 4,75 мм).



Еще более важным свойством активированного угля, чем падение давления является его твердость. Благодаря форме гранул и давлению на этапе экструдирования в процессе их производства, экструдированные угли являются самыми твердыми из всех типов активированных углей. Для оператора процесса удаления ртути, высокая твердость активированного угля означает меньшее разрушение гранул, а значит меньшее образование «пыли» и мелких частиц угля. Это обеспечивает стабильность уровня падения давления в течение многих лет эксплуатации. Обычно, причиной замены активированного угля является, не насыщение активированного угля ртутью, а забивание угольного слоя мелкими частицами при падении прочностных свойств гранул. Поэтому, степень увеличения падения давления в процессе длительной эксплуатации является ключевой характеристикой для оператора процесса.

Практика показывает, что эффективность удаления ртути в угольных адсорберах значительно превышает 99%. В тоже время, она зависит от конструкции адсорбера и фактических условий процесса. В главе 5. (Референс проекты) указаны действительные параметры процессов, в которых используются активированные угли Norit RBHG.

#### 4. Параметры и условия процесса.

Процессы, используемые при добыче, транспортировке и переработке природного газа связаны с высокими давлениями. Поэтому угольные адсорберы работают при высоких давлениях, обычно 50 – 80 Бар. Активированные угли Norit RBHG работают при давлениях до 100 Бар. Они могут применяться и при более высоких давлениях.

Угли Norit RBHG импрегнированы серой. Температура плавления серы (около 120 °С) лимитирует верхний предел температуры процесса. Рекомендуемая температура процесса – до +80 °С. Теоретически, угли Norit RBHG могут применяться до температуры +100 °С. В большинстве случаев угольные адсорберы (фильтры) работают при температуре 20 – 30 °С.

В ряде случаев, угли Norit RBHG работают при концентрациях на входе в адсорбер на уровне нескольких миллиграмм/н м<sup>3</sup>. В хлоро-щелочных производствах концентрация ртути в потоке водорода близка к точке насыщения. На газодобывающих и газоперерабатывающих производствах содержание ртути в природном газе значительно ниже и, как правило, не превышает нескольких микрограммов на 1 нормальный кубический метр газа. Требования к концентрации на выходе с адсорбера при очистки природного газа также более жесткие – ниже 10 нанограмм/ н м<sup>3</sup> газа.

На ряду с метаном, природный газ содержит высококипящие углеводороды – ароматические и др. Эти вещества физически адсорбируются активированным углем и конденсируются в его порах. Так как это явление замедляет кинетику адсорбции, оно должно учитываться на этапе проектирования угольного адсорбера. Контактное время между потоком газа и слоем угля должно быть увеличено. Кроме того, во избежание интенсивной конденсации углеводородов в порах угля, температура потока должна быть выше точки росы.

Из указанных выше соображений, влажность газового потока подаваемого на очистку тоже должна контролироваться. Рекомендуемая относительная влажность – менее 70%. Для газоперерабатывающих предприятий компания Norit рекомендует располагать угольный адсорбер за дегидрационной установкой. В этом случае, содержание воды уже не играет значительной роли, так, как газ, поступающий на адсорбер уже достаточно сухой.

Указанные выше условия процесса предполагают следующие параметры оборудования, которые должны учитываться при проектировании.

- Линейная скорость (приведенная к сечению пустого адсорбера) < 20 см/секунда
- Контактное время (приведенное к сечению пустого адсорбера) > 10 секунд, обычно 15 – 20 с
- Направление потока газа: сверху вниз.
- Эффективность удаления ртути > 99,9%.

5. Референс проекты .

(более подробный список предприятий использующих активированные угли Norit RBHG для удаления ртути указан в официальном референс-листе Norit Ref76-01/Mercury Removal, который можно запросить в ближайшем представительстве Norit.)

Предприятия, где применяется активированный уголь Norit RBHG для удаления ртути из природного газа можно условно разделить на 3 типа.

#### **Подготовка природного газа перед транспортировкой по трубопроводу.**

активированный уголь Norit RBHG для этих целей применяются на предприятиях Европы, Малайзии, Австралии и др. Снизу приводится описание процесса на предприятии NAM в Нидерландах.

Очистка потока природного газа с объемным расходом 5.000.000 нм<sup>3</sup>/день производится на угольном адсорбере при T = 28 °C, P = 80 Бар и относительной влажности < 70%. Угольный адсорбер имеет внутренний диаметр 2,95 м и высоту слоя активированного угля Norit RBHG 3 около 2-х метров. Объем загрузки около 13,7 м<sup>3</sup>, что эквивалентно 7250 кг. После 1 года эксплуатации адсорбера эффективность удаления ртути составляет 99,8%.

#### **Заводы по сжижению природного газа.**

В этом случае, после очистки природного газа, производится его сжижение и дальнейшая транспортировка а специализированных танкерах в страны-импортеры (Японию, Корею и др.) Для применения на заводах по сжижению природного газа, Норит поставляет потребителям в Катаре, Малайзии, Омане и других странах. На заводе в Малайзии адсорбер загруженный активированным углем Norit RBHG в 1995 г., эксплуатируется в настоящее время без ухудшения параметров работы и каких-либо операционных проблем. Применение активированного угля для СПГ быстро растет с ростом рынков Индии и Китая.

#### **Нефтеперерабатывающие и газоперерабатывающие заводы.**

Третий тип предприятий представляет собой заводы производящие различные химические продукты из природного газа. Норит поставляет активированный уголь Norit RBHG в адрес крупнейшего производителя удобрений в Индонезии.

Норит имеет референции в любых процессах, где требуется удаление ртути из газовых потоков, включая очистку природного газа, потоков водорода, очистки воздуха в стоматологии, производстве батареек.

#### **Примечания:**

Все данные и рекомендации об использовании наших продуктов даются из добрых намерений и считаются нами верными. Тем не менее, все рекомендации даются без гарантии, т.к. использование наших продуктов находится вне нашего контроля и, кроме того не могут считаться рекомендациями или инициативой к нарушению каких-либо авторских прав. Предоставленная информация о качестве продуктов актуальна на момент публикации данного материала. Тем не менее, мы стремимся к постоянному улучшению качества и эффективности наших продуктов и оставляем за собой право изменять показатели качества продуктов без уведомления.

Предупреждение: По вопросам безопасности и охраны здоровья просим обращаться к листам безопасности (MSDS), которые доступны по требованию.

**Данный Технический Бюллетень (Издание 05-07) заменяет предыдущие версии.**