

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036174**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.10.09

(51) Int. Cl. **B01D 53/56** (2006.01)

(21) Номер заявки
201391831

(22) Дата подачи заявки
2011.12.02

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА

(31) 10 2011 105 142.6; 10 2011 105 419.0

(56) US-B1-6403046
US-A1-2003053943
EP-A2-0820799
US-A-5262138
US-A-6048510
US-A-5988115
US-A-5478542

(32) 2011.06.09; 2011.06.20

(33) DE

(43) 2014.06.30

(86) PCT/IB2011/003106

(87) WO 2012/168758 2012.12.13

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**МЕЛЬДАУ УНД ШТАЙНФАТ
УМВЕЛЬТТЕХНИК ГМБХ (DE)**

BERND VON DER HEIDE: "NOx Reduction for the Future with the SNCR Technology for Medium and Large Combustion Plants", POWER ENGINEERING AND ENVIRONMENT VSB - Technická univerzita Ostrava (Czech Republic), 1 September 2010 (2010-09-01), 3 September 2010 (2010-09-03), pages 1-27, XP002673780, Retrieved from the Internet: URL:<http://www.ms-umwelt.de/english/downloads/Advanced%20SNCR%20Technology%20for%20the%20Future.pdf> [retrieved on 2012-04-12], the whole document

(72) Изобретатель:
Фон Дер Хайде Бернд (DE)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретение предлагает способ очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота, из промышленных процессов, например дымовых газов, с целью удаления и/или отделения оксидов азота и/или с целью уменьшения содержания оксидов азота посредством химического восстановления оксидов азота, в частности, способ удаления оксидов азота из отходящих газов промышленных установок, в котором по меньшей мере два различных азотсодержащих восстанавливающих агента приводят в контакт с отходящими газами, содержащими оксиды азота, и/или вводят в поток отходящих газов, содержащих оксиды азота. Изобретение далее предлагает устройство (установку) для осуществления данного способа.

036174 B1

036174 B1

Изобретение относится к области техники очистки отходящих газов, в частности очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота.

Изобретение, в частности, относится к способу очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота, из промышленных процессов, например дымовых газов, с целью удаления или отделения оксидов азота и/или с целью уменьшения содержания оксидов азота посредством химического восстановления оксидов азота. В частности, настоящее изобретение относится к способу удаления оксидов азота из отходящих газов промышленных установок, например электрических станций, в частности объединенных теплоэлектростанций, или установок для сжигания отходов.

Кроме того, настоящее изобретение относится к устройству для очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота, из промышленных процессов, например дымовых газов, с целью удаления или отделения оксидов азота и/или с целью уменьшения содержания оксидов азота посредством химического восстановления оксидов азота.

Реакции сгорания в присутствии воздуха формируют метастабильные, как правило токсичные и реакционноспособные оксиды азота, известные как оксиды азота. Образование оксидов азота происходит в возрастающих объемах как результат сгорания или термоллиза и пиролиза органических и неорганических азотсодержащих соединений, которые происходят в крупномасштабных установках для сжигания, таких как объединенные теплоэлектростанции или установки для сжигания отходов.

Оксиды азота, в частности соединения монооксида азота и диоксида азота, известные под названием нитрозные газы, которые также обозначаются сокращенной формулой NO_x , являются не только токсичными и ведут к воспалению и повреждению легочного круга кровообращения, но также приводят к увеличению образования кислотного дождя, поскольку они взаимодействуют с влагой с образованием кислот.

Однако выделение оксидов азота также является проблематичным по дополнительным причинам защиты окружающей среды поскольку, во-первых, они способствуют образованию смога и вредного озона поблизости от земли и, во-вторых, действуют в качестве парниковых газов и увеличивают глобальное потепление.

Из-за отрицательного действия оксидов азота на здоровье и окружающую среду и, в частности, вследствие связанного с этим экономического ущерба с давних пор осуществлялись попытки минимизировать или предотвратить выделение оксидов азота в процессах горения. В случае легковых автомобилей это достигается, например, использованием катализаторов, которые позволяют фактически полностью удалить оксиды азота из выхлопных газов.

Чтобы снизить выбросы оксидов азота из промышленных установок, в частности из крупных промышленных установок для сжигания, были разработаны различные способы удаления оксидов азота или денитрификации (deNO_x), которые, по отдельности или в комбинации, как считается, приводят к эффективному снижению содержания или устранению оксидов азота из отходящих газов, в частности из дымовых газов, принимая во внимание принятое правовое состояние, а также экономические соображения.

Способы и меры для снижения содержания оксидов азота в отходящих газах, в частности в дымовых газах, можно разделить на первичные меры и вторичные меры.

В случае первичных мер процессы сжигания контролируют таким способом, что содержание оксидов азота в образующихся в результате отходящих газах является настолько низким, насколько возможно; оксиды азота должны, так сказать, вообще не образовываться. Первичные меры включают, например, рециркуляцию дымовых газов, в которой дымовой газ направляют на повторное использование в зону горения, а также стадии подачи воздуха и топлива, в которых сжигание контролируют таким образом, что получают различные зоны горения, имеющие различные концентрации кислорода. Кроме того, образование оксидов азота в дымовых газах также можно уменьшить, добавляя присадки или быстро охлаждая, т.е. распыляя в воду, чтобы уменьшить температуру в течение процесса сжигания.

В отличие от первичных мер, которые предназначены для уменьшения образования оксидов азота, использование вторичных мер предназначено для снижения концентрации оксидов азота в отходящих газах, в частности в дымовых газах. Вторичные меры включают, например, способы разделения, в которых оксиды азота химически связывают или вымывают из потока дымовых газов. Однако недостаток способов разделения состоит в образовании огромных количеств отходов, например технической воды, которые часто загрязнены дополнительными компонентами дымового газа, и их следует утилизировать, что стоит денег.

По данной причине вторичные меры, применяемые на современных промышленных установках, обычно представляют собой способы, которые основаны на восстановлении оксидов азота до элементарного азота, и в результате дают только небольшие количества отходов, причем, как правило, различают каталитические и некаталитические способы.

Селективное каталитическое восстановление (СКВ) оксидов азота охватывает каталитические процессы, в которых оксиды азота превращаются в элементарный азот с помощью металлических катализаторов. В общем, лучшие значения денитрификации получают посредством способов СКВ, но использование катализатора делает способ существенно более дорогим и менее жизнеспособным с экономической точки зрения. Кроме того, установки для осуществления способа СКВ являются крайне дорогими не

только для приобретения, но и для обслуживания, поскольку чувствительные катализаторы необходимо очищать или заменять через короткие интервалы времени. В особенности, в крупных установках для сжигания, в которых состав топлива часто можно определить только неудовлетворительно, например в установках для сжигания отходов, всегда существует риск отравления катализаторов примесями в дымовом газе. Данный риск можно снизить только посредством дополнительных дорогостоящих мер.

Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ), с другой стороны, основано на термолизе соединений азота, в частности аммиака или мочевины, которые затем взаимодействуют с оксидами азота в реакции сопропорционирования с образованием элементарного азота.

По сравнению с селективным каталитическим восстановлением селективное некаталитическое восстановление значительно дешевле для осуществления: так, стоимость приобретения и обслуживания установок СНКВ составляет всего лишь от 10 до 20% от стоимости соответствующих установок СКВ.

Однако проблема со способами СНКВ состоит в том, что их эффективность ниже, чем эффективность каталитических способов, так что, например, в случае дальнейшего уменьшения законодательно разрешенных предельных значений для оксидов азота в отходящих газах, в частности в дымовых газах, большинство установок СНКВ больше не будут способны работать.

Дальнейший недостаток способов на основе селективного некаталитического восстановления оксидов азота состоит в том, что восстанавливающий агент необходимо использовать в избытке, и он не взаимодействует полностью, так что отходящие газы содержат некоторое количество аммиака, которое иногда не является незначительным. Избыток аммиака в отходящих газах либо необходимо отделить, либо его содержание надо снизить посредством мер технологического проектирования до такой степени, чтобы сделать возможным сброс потока отходящих газов в окружающую среду.

Кроме того, также имеются способы, которые основаны как на каталитическом режиме работы, так и на использовании восстанавливающих агентов, но данные способы также не могут преодолеть принципиальные недостатки соответствующих способов (высокая стоимость использования каталитических способов и низкая эффективность использования восстанавливающих агентов).

Из уровня техники известен US 5478542, который относится к распределению загрязняющих восстанавливающих агентов с эфлюентом при эффективном температурном интервале для эффективной газовой реакции. Двухфазовая смесь имеет мелкие капли жидкости, например NO_x восстанавливающий агент, такой как водные растворы мочевины или аммиака, диспергированный в газообразном компоненте, таком как воздух, инжектируется в эфлюент при его скорости звука для получения распределения частиц с размером эффективным для равномерного уменьшения NO_x в зоне эффективной температуры, при этом не производя значительного количества капель настолько больших, что они сохраняются за пределами температурной зоны.

EP 0820799 A2 относится к системе удаления NO_x из выхлопных газов. В частности, этот документ относится к специфическому датчику, который чувствителен к NO_x и NH_3 . Сигнал этого специфического датчика используется для управления скоростью NH_3 или мочевины, которую необходимо вводить в выхлопные газы.

Поэтому цель настоящего изобретения состоит в предложении способа и устройства или установки для очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота, из промышленных процессов, например дымовых газов, с целью удаления и/или отделения оксидов азота и/или с целью уменьшения содержания оксидов азота посредством химического восстановления оксидов азота, причем вышеуказанные проблемы и недостатки, имеющие место в предшествующем уровне техники, по меньшей мере, частично устраняются или, по меньшей мере, являются менее серьезными.

Особая цель настоящего изобретения состоит в предложении способа и устройства или установки, подходящих для осуществления данного способа, посредством которых можно удалить оксиды азота из отходящих газов промышленных установок, причем, по меньшей мере, изначально достигается эффективность способа селективного каталитического восстановления, но при стоимости, сравнимой с традиционным селективным некаталитическим восстановлением.

Вышеуказанная цель достигается согласно изобретению посредством способа по п.1 формулы изобретения; дальнейшие преимущественные разработки и варианты осуществления способа по изобретению являются объектом зависимых пунктов формулы изобретения на способ.

Настоящее изобретение далее предлагает устройство или установку по п.8 формулы изобретения; далее, преимущественные разработки и варианты осуществления данного аспекта изобретения являются объектом зависимых пунктов формулы изобретения на устройство.

Не требует доказательств, что характеристики, характерные особенности, варианты осуществления и варианты, а также преимущества или аналогичное, которые в нижеследующем, с целью избежать ненужных повторений, указываются только для одного аспекта изобретения, естественно также аналогичным образом применяются к другим аспектам изобретения без данной необходимости быть точно указанными.

Более того, не требует доказательств, что в случае указания в нижеследующем величин, цифр и диапазонов соответствующие указанные величины, цифры и диапазоны не следует истолковывать в качестве ограничения; специалисту в данной области будет понятно, что в индивидуальных случаях или

для конкретного использования могут быть сделаны отклонения от указанных диапазонов или цифр без отклонения от объема патентной защиты настоящего изобретения.

Кроме того, все величины и параметры или аналогичное, указанные в нижеследующем, можно в принципе измерять или определять, используя стандартизированные или точно указанные методы определения или используя методы определения, которые хорошо известны специалисту в данной области.

С учетом вышеуказанного настоящее изобретение будет более подробно описано ниже.

В качестве первого объекта в формуле заявлен способ удаления оксидов азота из отходящих газов промышленных установок, в котором по меньшей мере два различных азотсодержащих восстанавливающих агента приводят в контакт с отходящими газами, содержащими оксиды азота, и/или вводят в поток отходящих газов, содержащих оксиды азота,

при этом аммиак и мочевины в форме их водных растворов используют в качестве различных восстанавливающих агентов,

восстанавливающие агенты вводят в распыленной форме в поток отходящих газов посредством распылительных вводных труб,

определяют по меньшей мере один температурный профиль отходящих газов в плоскости поперечного сечения пространства горения,

поток отходящих газов разделяют на секции, исходя из измеренного температурного профиля отходящих газов, так чтобы восстанавливающие агенты достигали мест в потоке отходящих газов, которые наиболее эффективны для реакции оксидов азота и восстанавливающих агентов при быстром изменении температур отходящих газов, для достижения оптимального рабочего диапазона, касающегося степени удаления оксидов азота, проскока аммиака и расхода восстанавливающих агентов, и для данных секций предназначены заданные индивидуальные распылительные вводные трубы и/или заданные группы распылительных вводных труб; и

распылительные вводные трубы приводят в действие или выключают индивидуально или группами и давление ввода восстанавливающих агентов регулируют для индивидуальных распылительных вводных труб или для групп распылительных вводных труб на основании измеренного температурного профиля отходящих газов,

количество и/или момент введения восстанавливающих агентов регулируется на основании измерения температурного профиля отходящих газов,

различные восстанавливающие агенты или их смеси вводят гибко и взаимозаменяемо в поток отходящих газов,

регулируют массовые и/или объемные отношения восстанавливающих агентов друг к другу, в частности массовые и/или объемные отношения смесей восстанавливающих агентов и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов на основании измеренного температурного профиля отходящих газов.

Предпочтительно способ осуществляют в отсутствие катализатора, и/или осуществляют в виде селективного некаталитического восстановления, в частности в виде процесса СНКВ.

Предпочтительно аммиак используют в форме водного раствора, содержащего от 10 до 35 мас.%, в частности от 15 до 30 мас.%, предпочтительно от 20 до 30 мас.%, более предпочтительно примерно 25 мас.% NH_3 исходя из массы раствора и/или мочевины используют в форме водного раствора, содержащего от 10 до 50 мас.%, в частности от 20 до 50 мас.%, предпочтительно от 30 до 50 мас.%, более предпочтительно от 40 до 45 мас.% мочевины исходя из массы раствора и, в частности, водный аммиачный раствор и/или водный раствор мочевины смешивают с дополнительным количеством воды перед введением раствора(ов) в поток отходящих газов; и/или аммиак и мочевины вводят при массовом отношении аммиак/мочевина от 99:1 до 1:99, в частности от 95:5 до 5:95, предпочтительно от 9:1 до 1:9, более предпочтительно от 7:1 до 1:7, еще более предпочтительно от 4:1 до 1:6, особенно предпочтительно от 2:1 до 1:5, в поток отходящих газов, в частности с совместным введением аммиака и мочевины.

Предпочтительно восстанавливающие агенты вводят в поток отходящих газов посредством распылительных вводных труб, причем каждая распылительная вводная труба имеет одну или более, в частности от 1 до 20, предпочтительно от 1 до 15, более предпочтительно от 1 до 10, особенно предпочтительно от 1 до 5, форсунок для введения восстанавливающих агентов в поток отходящих газов, в частности, в котором распылительные вводные трубы расположены для образования от 1 до 10, в частности от 1 до 7, предпочтительно от 1 до 5, плоскостей введения в распыленном виде, причем, в частности, каждая плоскость введения в распыленном виде имеет от 1 до 20, в частности от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 12 распылительных вводных труб; и/или, в особенности, в котором восстанавливающие агенты вводят в поток дымовых газов с помощью от 1 до 200, в частности от 2 до 100, предпочтительно от 5 до 60 распылительных вводных труб.

Предпочтительно способ осуществляют при температурах в диапазоне от 750 до 1200°C, в частности от 800 до 1150°C, предпочтительно от 850 до 1100°C.

Предпочтительно, по меньшей мере один температурный профиль отходящих газов определяют посредством акустического и/или оптического измерения температуры, предпочтительно акустического измерения температуры.

Предпочтительно массовые отношения восстанавливающих агентов, в частности массовые отношения смеси восстанавливающих агентов и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов устанавливают идентичными для всех распылительных вводных труб и/или устанавливают индивидуально для индивидуальной, в частности, каждой распылительной вводной трубы и/или для групп распылительных вводных труб, предпочтительно, для каждой распылительной вводной трубы, и/или восстанавливающие агенты вводят в поток отходящих газов в таких количествах, что молярное отношение, в частности отношение эквивалентов, общего количества используемых восстанавливающих агентов к оксидам азота, которые следует восстановить, находится в диапазоне от 1:1 до 5:1, в частности от 2:1 до 4:1, предпочтительно примерно 2,5:3,5.

Настоящее изобретение, соответственно, предлагает согласно первому аспекту настоящего изобретения способ очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота, из промышленных процессов, например дымовых газов, с целью удаления и/или отделения оксидов азота и/или с целью уменьшения содержания оксидов азота посредством химического восстановления оксидов азота, в частности, способ удаления оксидов азота из отходящих газов промышленных установок, в котором по меньшей мере два различных азотсодержащих восстанавливающих агента приводят в контакт с отходящими газами, содержащими оксиды азота, и/или вводят в поток отходящих газов, содержащих оксиды азота.

Для целей настоящего изобретения оксиды азота восстанавливают химической реакцией с восстанавливающим агентом с образованием элементарного азота; это, прежде всего, дает возможность достичь эффективного снижения содержания оксидов азота в полученных в результате отходящих газов, и, во-вторых, не образуется никаких жидкостей или твердых веществ, загрязненных компонентами дымовых газов, как происходит, например, в реакциях разделения, где жидкости и твердые вещества после этого должны быть утилизированы сложным и дорогостоящим способом.

Обдуманное использование по меньшей мере двух различных азотсодержащих восстанавливающих агентов, которые, например, имеют различные кинетики реакций, в частности скорость реакции, и/или различные температурные диапазоны для оптимального эффекта восстановления, дают возможность индивидуально и гибко адаптировать восстановление оксидов азота в отходящих газах, в частности в дымовых газах, и дополнительно дают возможность достичь весьма эффективного удаления оксидов азота из отходящих газов. В частности, способ может быстро реагировать на флуктуации в содержании оксидов азота в отходящих газах, в результате чего необходимо использовать меньшее количество восстанавливающих агентов и/или можно добиться улучшенного снижения содержания оксидов азота.

Способ по изобретению неожиданно дает возможность значительно более эффективного удаления оксидов азота из отходящих газов, в частности из дымовых газов, и его эффективность или продуктивность сравнима с эффективностью способов каталитического восстановления.

Кроме того, при использовании двух различных азотсодержащих восстанавливающих агентов, аналогичным образом, неожиданно расходуются меньшие количества восстанавливающего агента, чем, например, при использовании только одного восстанавливающего агента. Когда, например, водные растворы аммиака и мочевины используют совместно, расходуются значительно меньшие количества восстанавливающих агентов, чем в случае отдельного использования либо аммиака, либо мочевины.

Таким образом, способ по изобретению имеет значительно более высокую эффективность по сравнению с ранее известными способами предшествующего уровня техники, и его можно осуществить экономично и гибко.

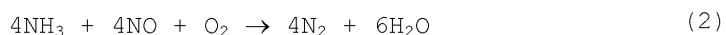
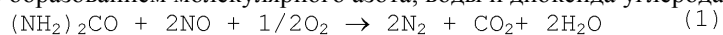
Более того, посредством способа по изобретению можно избежать коррозии частей установки, имеющей место в способах СНКВ предшествующего уровня техники, как наблюдается, в частности, при использовании мочевины в качестве восстанавливающего агента.

Оксиды азота, в первую очередь удаляемые в способе по настоящему изобретению, преимущественно представляют собой нитрозные газы, т.е. монооксид азота и диоксид азота. Однако дополнительные оксиды азота также надежно удаляются из отходящих газов.

Способ по изобретению, в частности восстановление оксидов азота, в общем, осуществляют в отсутствие катализатора. Таким образом, в способе по изобретению нет высокой стоимости приобретения и обслуживания катализаторов для восстановления оксидов азота.

Способ по изобретению, предпочтительно, осуществляют в виде селективного некаталитического восстановления, в частности в виде способа СНКВ.

В селективном некаталитическом восстановлении (СНКВ) оксидов азота восстанавливающие агенты обычно распыляют в виде водного раствора (например, водных растворов аммиака или мочевины) или в газообразной форме (например, аммиака) в горячие отходящие газы или дымовые газы. Затем восстанавливающие агенты взаимодействуют с оксидами азота, как указывается для примера восстанавливающих агентов, представляющих собой аммиак и мочевину, с помощью уравнений реакций (1) и (2), приведенных ниже, с образованием молекулярного азота, воды и диоксида углерода



Оптимальный диапазон температуры, в котором достигается значительное восстановление оксидов

азота, обычно находится в зависимости от состава дымовых газов в диапазоне от 900 до 1100°C. Выше данного температурного диапазона аммиак окисляется в возрастающем объеме, т.е. образуется дополнительное количество оксидов азота.

При температурах ниже данного диапазона скорость реакции снижается, в результате чего происходит проскок аммиака, и это может вести вдоль дальнейшего пути дымового газа к образованию солей аммония и, следовательно, к вторичным проблемам, таким как коррозия; поэтому проскок аммиака следует поддерживать настолько низким, насколько это возможно.

Термин проскок аммиака, в частности, относится к части аммиака, которая не взаимодействует с оксидами азота с образованием элементарного азота. Данным источником аммиака является либо избыточное введение аммиака, либо он является продуктом разложения, образующимся в результате термоллиза азотсодержащих восстанавливающих агентов, например мочевины.

Для большинства применений в качестве восстанавливающего агента до настоящего времени использовали либо мочевины, либо аммиачную воду. Чтобы добиться оптимального удаления оксидов азота с минимальным проскоком аммиака, восстанавливающий агент должен быть однородно смешан с дымовыми газами в оптимальном температурном диапазоне. Для достижения импульса к полному перемешиванию для водного аммиака требуется значительно более высокий подвод энергии по сравнению с мочевиной, поскольку аммиак имеет значительно более высокое давление паров.

Кроме того, водные растворы мочевины и аммиака показывают различные кинетики реакции, в частности, вследствие того, что мочевина, растворенная в воде, способна диссоциировать на реакционно-способные свободные радикалы только когда вода, которая окружает частицы мочевины, полностью испарилась и, следовательно, обеспечивается высокая глубина проникновения в отходящие газы с относительно низкими затратами энергии.

Когда, с другой стороны, используют водные растворы аммиака, аммиак испаряется из отдельных капелек воды немедленно после введения в дымовые газы, так что реакция происходит, преимущественно, поблизости от стенок реактора. Таким образом, парциальное давление аммиака составляет 1 бар (10^5 Па) при температуре до 38°C. Импульс, необходимый для оптимальной глубины проникновения восстанавливающих агентов, может в случае газообразного аммиака достигаться только при более высоких затратах энергии из-за более низкой массы по сравнению с каплей воды, так что необходимо значительно увеличить соответствующее количество пара или воздуха. В дополнение к более высоким эксплуатационным затратам вследствие более высокого расхода энергии, капитальные затраты для установки, работающей с использованием водного аммиака, значительно выше из-за требований по безопасности, поскольку аммиак является токсичным газом, который легко растворяется в воде при температуре окружающей среды.

Поэтому водному аммиаку присвоен класс 2 загрязнения воды и, кроме того, он подпадает под технические инструкции для паровых котлов из-за высокой потенциальной опасности для окружающей среды.

Благодаря химическому связыванию аммиака в молекуле мочевины растворы мочевины можно, напротив, нагреть до 106°C без выделения газообразного аммиака. Разложение мочевины на газообразный аммиак и газообразный диоксид углерода начинается только при 130°C и достигает максимума примерно при 380°C. Поскольку данные высокие температуры не могут быть достигнуты в течение хранения, меры предосторожности, необходимые для водного аммиака, не требуются. Согласно законодательству Германии по водопользованию (WHG) раствор мочевины относят только к классу опасности для вод 1 (т.е. должно быть просто гарантировано, чтобы мочевина не могла достичь поверхностных и подземных вод, и с данной целью улавливающий поддон для резервуара для хранения является достаточным).

Однако растворы мочевины имеют недостаток, состоящий в том, что в случае, когда введено слишком много мочевины, она осаждается в твердой форме на частях установки и приводит к нежелательной коррозии. Это еще более важно, поскольку установки для осуществления способов СНКВ размещают относительно близко после камер сжигания, т.е. выше по потоку от теплообменников, которые обычно присутствуют. В случае высоких нагрузок или высокой мощности камеры для сжигания может быть необходим впрыск раствора мочевины в область теплообменника, чтобы позволить эффективное восстановление оксидов азота. Это приводит к риску, что твердая мочевина будет осаждаться на теплообменниках и, таким образом, вести к коррозии частей, что уменьшает срок службы установки и значительно увеличивает эксплуатационную стоимость.

Также, в общем, предлагается для целей настоящего изобретения, чтобы контакт с восстанавливающими агентами, или их введение, осуществлялся таким образом, чтобы восстанавливающие агенты взаимодействовали с оксидами азота, в частности восстанавливали оксиды азота, предпочтительно, до элементарного азота.

Кроме того, было обнаружено, что является выгодным выбирать и использовать различные восстанавливающие агенты таким образом, чтобы они в каждом случае взаимодействовали с оксидами азота с сопорционированием с образованием элементарного азота. Сопорционирование оксидов азота и азотсодержащих восстанавливающих агентов с образованием элементарного азота и, еще более предпочтительно, газообразных компонентов предотвращает образование дополнительных отходов, которые необходимо утилизировать дорогостоящим образом.

Особенно хорошие результаты получают согласно настоящему изобретению, когда различные восстанавливающие агенты взаимодействуют при различных реакционных условиях с оксидами азота, в частности, при различных температурах или при различных кинетических и/или термодинамических условиях.

Поэтому различные восстанавливающие агенты, предпочтительно, отличаются не только с точки зрения своего химического состава, но также и по своим физическим свойствам или по своим предпочтительным температурам реакции. Это дает возможность создать новый тип восстанавливающего агента, который может соответствовать индивидуально и гибко соответствующему использованию посредством целенаправленного смешивания по меньшей мере двух различных восстанавливающих агентов. В идеальном случае свойства используемых восстанавливающих агентов отличаются до такой степени, что их смешиванием можно получить очень широкий оптимальный диапазон эффекта.

Что касается введения восстанавливающих агентов в отходящие газы, содержащие оксиды азота, было обнаружено, что является предпочтительным использовать по меньшей мере один восстанавливающий агент в форме водного раствора. Однако еще лучшие результаты получаются, когда все восстанавливающие агенты используются в форме водных растворов. Использование водных растворов и целенаправленное варьирование концентраций восстанавливающих агентов в соответствующих растворах дает возможность целенаправленно контролировать глубину проникновения восстанавливающих агентов в поток дымовых газов, что делает возможным оптимизированное и эффективное использование восстанавливающих агентов.

В качестве различных восстанавливающих агентов предпочтение отдается использованию, в-первых, аммиака и, во-вторых, мочевины, в частности в форме их водных растворов.

Использование растворов аммиака является преимущественным, поскольку они недороги для получения в промышленном масштабе, в результате чего способ по изобретению можно осуществить очень недорого, и аммиак немедленно испаряется из водного раствора и взаимодействует с оксидами азота поблизости от стенки реактора. Однако последнее преимущество также является и недостатком, поскольку часто трудно или невозможно достичь глубины проникновения в поток дымовых газов, которая дает возможность эффективного восстановления оксидов азота при использовании растворов аммиака.

Растворы мочевины, с другой стороны, имеют преимущество, состоящее в том, что при их использовании можно добиться высокой глубины проникновения в поток дымовых газов, поскольку мочевина разлагается на свободные NH_2 радикалы и может взаимодействовать с оксидами азота только после испарения всей воды. Однако, с другой стороны, растворы мочевины несут риск коррозии частей установки, в частности, когда их вводят поблизости от теплообменников.

Однако целенаправленная комбинация двух вышеуказанных восстанавливающих агентов, в частности, на участках воздействия, которые являются преимущественными в каждом случае, дает возможность избежать соответствующих недостатков индивидуальных восстанавливающих агентов и использовать только их преимущества.

Как растворы аммиака, так и растворы мочевины можно легко хранить в резервуарах, сконструированных соответствующим образом, и соответствующие растворы могут быть дополнительно разбавлены водой до или после смешивания, которое может иметь место.

Когда аммиак используют в качестве одного из восстанавливающих агентов для целей настоящего изобретения, аммиак предпочтительно предоставляют или используют в форме, в частности, водного раствора, содержащего от 10 до 35 мас.%, в частности от 15 до 30 мас.%, предпочтительно от 20 до 30 мас.%, более предпочтительно примерно 25 мас.% NH_3 исходя из массы раствора.

Если мочевину используют в качестве одного из восстанавливающих агентов для снижения содержания оксидов азота в отходящих газах, было обнаружено, что для целей настоящего изобретения преимущественным является предоставлять и/или использовать мочевину в форме, в частности, водного раствора, содержащего от 10 до 50 мас.%, в частности от 20 до 50 мас.%, предпочтительно от 30 до 50 мас.%, более предпочтительно от 40 до 45 мас.% мочевины исходя из массы раствора.

Аналогичным образом, водный раствор мочевины или водный раствор аммиака можно смешать с дополнительным количеством воды перед введением раствора(ов) в поток отходящих газов.

Как растворы аммиака, так и растворы мочевины имеются в продаже в вышеуказанных концентрационных диапазонах, и их можно легко хранить. Необязательная дополнительная добавка технологической воды к соответствующим базовым смесям позволяет целенаправленно установить глубину проникновения восстанавливающих агентов в дымовой газ, а также ведет к охлаждению дымового газа до температур, необходимых для восстановления и, кроме того, дает возможность точно установить размер капель растворов восстанавливающих агентов, вводимых в поток отходящих газов. Это аналогичным образом оказывает положительное влияние на кинетику реакции.

Что касается введения восстанавливающих агентов в отходящие газы, содержащие оксиды азота, также можно обеспечить введение различных восстанавливающих агентов, в частности, аммиака и мочевины, в разное время и/или физически раздельно в поток отходящих газов.

Однако в равной степени хорошо вводить различные восстанавливающие агенты вместе в поток отходящих газов, в частности, после предварительного смешивания.

Чтобы добиться очень эффективного и действенного восстановления оксидов азота в отходящих газах, было обнаружено, что является выгодным вводить различные восстанавливающие агенты либо в различное время и/или физически раздельно, либо вместе после предварительного смешивания с потоком дымовых газов в ходе процесса.

Способ по изобретению позволяет крайне гибкое введение восстанавливающих агентов в поток отходящих газов, в частности в поток дымовых газов, которое может подходить для соответствующих технологических условий. Можно использовать восстанавливающие агенты по отдельности или в виде смесей в ходе процесса, т.е. можно заменить введение одного восстанавливающего агента на введение смесей восстанавливающих агентов в ходе процесса. Помимо данного разделения во времени введения восстанавливающих агентов или их смесей также можно вводить восстанавливающие агенты или их смеси на различных участках. С данной целью, например, один восстанавливающий агент можно вводить на одном участке в реакторе, в то время как другой восстанавливающий агент или смесь восстанавливающих агентов вводят на другом участке.

Когда аммиак и мочевины используют в качестве восстанавливающих агентов для целей настоящего изобретения, особенно хороших результатов можно добиться, когда аммиак и мочевины вводят при массовом отношении аммиак/мочевина от 99:1 до 1:99, в частности от 95:5 до 5:95, предпочтительно от 9:1 до 1:9, более предпочтительно от 7:1 до 1:7, еще более предпочтительно от 4:1 до 1:6, особенно предпочтительно от 2:1 до 1:5, в поток отходящих газов. Это, в частности, применяют, когда аммиак и мочевины вводят совместно. Внутри вышеуказанных диапазонов наблюдается особенно высокая эффективность удаления оксидов азота из отходящих газов и синергетическое действие аммиака и мочевины, и это отражается не только в значительном уменьшении оксидов азота, но также и в значительно более низком расходе восстанавливающих агентов.

Введение восстанавливающих агентов в отходящие газы, содержащие оксиды азота, можно осуществить посредством многочисленных технических мер. Однако было обнаружено, что является полезным для целей настоящего изобретения, когда восстанавливающие агенты вводят в поток отходящих газов в распыленной форме, в частности распыленными или введенными в распыленном виде. Введение в распыленном виде, в частности, может дать тонкую дисперсию восстанавливающих агентов вместе с превосходной глубиной проникновения восстанавливающих агентов в поток отходящих газов или поток дымовых газов, что делает возможным особенно эффективное восстановление оксидов азота.

Было обнаружено, что является предпочтительным вводить восстанавливающие агенты в поток отходящих газов посредством устройств для введения в распыленном виде, в частности, распылительных вводных труб. Давление, требующееся для введения в распыленном виде, обычно генерируют с помощью сжатого воздуха или пара.

В настоящем описании каждое устройство для введения в распыленном виде может иметь одну или более, в частности от 1 до 20, предпочтительно от 1 до 15, более предпочтительно от 1 до 10, особенно предпочтительно от 1 до 5, форсунок для введения восстанавливающих агентов в поток отходящих газов. Множество форсунок в устройстве для введения в распыленном виде, в частности, обеспечивает особенно тонкое и однородное распределение восстанавливающих агентов в потоке отходящих газов.

При этом также было обнаружено, что является выгодным, когда устройства для введения в распыленном виде расположены в от 1 до 10, в частности от 1 до 7, предпочтительно от 1 до 5, плоскостях введения в распыленном виде. Расположение устройств для введения в распыленном виде в плоскостях введения в распыленном виде дает возможность гарантировать, что все поперечное сечение реактора или полная ширина потока дымового газа могут быть охвачены восстанавливающими агентами.

Является возможным, чтобы каждая из плоскостей введения в распыленном виде имела от 1 до 20, в частности от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 12 устройств для введения в распыленном виде.

В общем, восстанавливающие агенты вводят в поток дымовых газов с помощью от 1 до 200, в частности от 2 до 100, предпочтительно от 5 до 60 устройств для введения в распыленном виде.

Для целей настоящего изобретения, как было обнаружено, является особенно выгодным контролировать устройства для введения в распыленном виде индивидуально или группами, предпочтительно индивидуально.

Особенно хорошие результаты получают, когда выход восстанавливающих агентов из устройств для введения в распыленном виде контролируют индивидуально для каждого устройства для введения в распыленном виде и/или для групп устройств для введения в распыленном виде. Индивидуальные устройства для введения в распыленном виде можно, предпочтительно, регулировать индивидуально или, по меньшей мере, группами, поскольку поток отходящих газов, в частности поток дымовых газов, не является гомогенным, а подвергается многочисленным изменениям касательно температуры и состава по пространству и времени. Поэтому, чтобы обеспечить особенно эффективное использование восстанавливающих агентов, предпочтительно индивидуально регулировать устройства для введения в распыленном виде, т.е. устройства для введения в распыленном виде, предпочтительно, можно привести в действие или выключить индивидуально, и давление и, таким образом, глубину проникновения восстанавливающих агентов в поток отходящих газов также можно регулировать индивидуально для каждого устройства для введения в распыленном виде. Особенно выгодным является индивидуально регулировать устройст-

ва для введения в распыленном виде не только касательно их использования и давления введения в распыленном виде, но также касательно состава впрыскиваемых восстанавливающих агентов, т.е. либо индивидуальные восстанавливающие агенты, либо их смеси можно контролировать индивидуально и подгонять к соответствующим условиям.

Хотя вышеуказанная индивидуальная контролируемость всех устройств для введения в распыленном виде с точки зрения их рабочих параметров и состава восстанавливающих агентов является предпочтительной согласно изобретению, она также увеличивает издержки технологического процесса и, таким образом, стоимость денитрификации.

Аналогичным образом, очень хорошие результаты, но со значительно сниженными издержками технологического процесса, получают, когда состав или отношение концентраций восстанавливающих агентов устанавливают совместно для всех устройств для введения в распыленном виде или, по меньшей мере, устанавливают совместно для всех устройств для введения в распыленном виде плоскости введения в распыленном виде, но индивидуальные устройства для введения в распыленном виде можно регулировать индивидуально относительно давления введения в распыленном виде и рабочих условий или коэффициентов использования.

При относительно однородных потоках отходящих газов и/или потоках отходящих газов, которые находятся в соответствии с оценками, очень хорошие результаты все еще можно получить, когда устройства для введения в распыленном виде контролируют группами. В данном случае группа устройств для введения в распыленном виде представляет собой определенный и/или совместно контролируемый и/или комбинированный блок из множества устройств для введения в распыленном виде, в частности распылительных вводных труб.

Что касается температур осуществления способа по изобретению, они могут варьироваться внутри широкого диапазона. Однако особенно хорошие результаты можно получить в рамках настоящего изобретения при температурах в диапазоне от 750 до 1200°C, в частности от 800 до 1150°C, предпочтительно от 850 до 1100°C. Особенно хорошие результаты получаются в данных температурных диапазонах, в особенности при использовании водных растворов аммиака или мочевины.

Аналогичным образом, особенно хорошие результаты получаются в рамках настоящего изобретения, когда введение восстанавливающих агентов в отходящие газы контролируют целенаправленным способом и гибко.

В варианте осуществления, который является предпочтительным согласно изобретению, введение восстанавливающих агентов в поток отходящих газов, в частности их количество и/или момент времени введения, поэтому контролируют посредством определения температуры отходящих газов и/или остаточного содержания оксидов азота в очищенном газе, полученном после обработки.

В данном случае введение восстанавливающих агентов в поток отходящих газов можно контролировать посредством оценки сигнала нагрузки и/или посредством определения температуры отходящих газов и/или посредством сравнения измеренного значения остаточного содержания оксидов азота в чистом газе, полученном после очистки, с заданным предпологаемым значением. Кроме того, можно также определить проскок аммиака и аналогичным образом принять его во внимание в технологическом контроле.

Для целей настоящего изобретения сигнал нагрузки является показателем соответствующей нагрузки, при которой работает аппарат для сжигания, например большая установка для сжигания, в частности камера для сжигания. Нагрузка соответствует мощности, выделяемой аппаратом для сжигания, и обычно сообщается в процентах, причем полная нагрузка (100%) соответствует мощности, для которой предназначен аппарат для сжигания при оптимальном горении и загрузке.

Для целей настоящего изобретения, как было доказано, также является предпочтительным определять температуру отходящих газов в течение способа, по меньшей мере, при определенных и/или предварительно определенных точках измерения и/или устанавливать по меньшей мере один температурный профиль отходящих газов, в частности в форме одной или более плоскостей, в особенности посредством акустического и/или оптического измерения температуры, предпочтительно акустического измерения температуры. Определение температурного профиля, зависящего от положения и времени, одной или более плоскостей потока отходящих газов дает возможность целенаправленного контроля индивидуальных устройств для введения в распыленном виде, в результате чего, во-первых, восстанавливающие агенты можно использовать эффективно, так что имеет место эффективное восстановление оксидов азота, и, во-вторых, можно избежать избыточного введения восстанавливающих агентов, исходя из оксидов азота, которое привело бы к увеличенному проскоку аммиака.

Методы акустического измерения температуры, в частности акустического измерения температуры газа, посредством которых определяют истинные температуры газа по поперечному сечению пространства горения или поперечному сечению устройства очистки отходящих газов поблизости от положения введения в распыленном виде и рассчитывают температурные профили, как было обнаружено, являются особенно полезными в данном контексте.

Система, которую предпочтительно используют согласно изобретению, состоит из механически и электрически аналогичных датчиков и приемников, которые установлены на стенках устройства для очистки отходящих газов непосредственно ниже по потоку от пространства горения, в частности камеры

для сжигания, и внешнего контролирующего блока. Когда осуществляют измерение, клапан (например, магнитный клапан) открывает линию сжатого воздуха на стороне датчика, таким образом, генерируя акустические сигналы. Сигналы записываются одновременно на сторонах датчика и приемника. Время передачи звука можно определить из оцифрованных сигналов. Поскольку расстояние известно, получают скорость звука, и ее используют для вычисления температуры, известной как температура пути. Множество датчиков/приемников, действующих во взаимодействии в плоскости, дают многоканальную конфигурацию, посредством которой двухмерное распределение температуры в плоскости можно определить непосредственно и без задержки.

В данном контексте было обнаружено, что выгодно разделять поток отходящих газов на секции на основании измеренных температур отходящих газов и/или измеренного температурного профиля отходящих газов, причем для данных секций предназначены определенные индивидуальные устройства для введения в распыленном виде и/или определенные группы устройств для введения в распыленном виде. Это гарантирует, что восстанавливающий агент достигает мест, которые наиболее эффективны для реакции даже в случае быстрого изменения температур отходящих газов, и установка всегда работает в оптимальном диапазоне, что касается степени удаления оксидов азота, проскока аммиака и расхода восстанавливающих агентов.

В варианте осуществления, который особенно предпочтителен согласно изобретению, устройства для введения в распыленном виде контролируют, в частности, индивидуально или группами, на основе измеренных температур отходящих газов и/или измеренного температурного профиля отходящих газов и/или сигнала нагрузки и/или сравнения измеренного значения остаточного содержания оксидов азота в чистом газе, полученном после очистки, и заданного предполагаемого значения.

Аналогичным образом можно устанавливать массовые отношения восстанавливающих агентов, в частности массовые отношения смесей восстанавливающих агентов, и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов идентичными для всех устройств для введения в распыленном виде, и/или устанавливать индивидуально для отдельного, в частности, каждого устройства для введения в распыленном виде и/или для каждой группы устройств для введения в распыленном виде, предпочтительно, для каждого устройства для введения в распыленном виде. Таким образом, достигается особенно гибкая и быстрая адаптация смесей восстанавливающих агентов к доминирующим технологическим условиям.

Что касается количества восстанавливающих агентов относительно количества оксидов азота в отходящих газах, их можно варьировать в широких пределах. Однако особенно хорошие результаты получаются в соответствии с настоящим изобретением, когда восстанавливающие агенты, в частности аммиак и мочевины, вводят в поток отходящих газов в таких количествах, что молярное отношение, в частности отношение эквивалентов, общего количества используемых восстанавливающих агентов к оксидам азота, которые необходимо восстановить, устанавливают равным значению в диапазоне от 1:1 до 5:1, в частности от 2:1 до 4:1, особенно примерно 2,5:3,5. Отношение эквивалентов относится к эквивалентам аммиака, а именно числу молекул аммиака или свободных NH_2 радикалов, предоставляемых используемыми азотсодержащими восстанавливающими агентами. Таким образом, одна молекула мочевины соответствует двум эквивалентам аммиака, поскольку одна молекула мочевины распадается на два свободных NH_2 радикала при термоллизе.

Способ по изобретению, как указано выше, дает возможность существенно улучшить восстановление оксидов азота в отходящих газах с одновременным уменьшением количества используемых восстанавливающих агентов по сравнению со способами предшествующего уровня техники.

В качестве второго объекта в формуле заявлено устройство (установка) для удаления оксидов азота из отходящих газов промышленных установок, для осуществления способа по любому из предшествующих пунктов, причем устройство содержит:

(а) реактор для контакта и/или взаимодействия по меньшей мере двух различных восстанавливающих агентов с отходящими газами, содержащими оксиды азота, причем реактор имеет множество распылительных вводных труб, выполненных с возможностью распыленного введения водных растворов аммиака и мочевины, и приводимых в действие или выключаемых индивидуально или группами, давление ввода восстанавливающих агентов в которых регулируется для индивидуальных распылительных вводных труб или для групп распылительных вводных труб,

(б) по меньшей мере один первый резервуар для хранения и/или подачи по меньшей мере одного первого восстанавливающего агента, который предназначен для реактора и присоединен посредством по меньшей мере одной подающей линии к распылительным вводным трубам, и

(с) по меньшей мере один второй резервуар для хранения и/или подачи по меньшей мере одного второго восстанавливающего агента, который отличается от первого восстанавливающего агента, который предназначен для реактора и присоединен посредством по меньшей мере одной подающей линии к распылительным вводным трубам,

причем устройство имеет по меньшей мере одно измерительное устройство для измерения температурного профиля отходящих газов с целью контроля введения восстанавливающих агентов в поток отходящих газов,

(d) дозирующее и/или смешивающее устройство, выполненное с возможностью регулирования массовых и/или объемных отношений восстанавливающих агентов друг к другу, в частности массовых и/или объемных отношений смесей восстанавливающих агентов, и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов на основании измеренного температурного профиля отходящих газов.

Предпочтительно каждая распылительная вводная труба имеет одну или более, в частности от 1 до 20, предпочтительно от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 10, особенно предпочтительно от 1 до 5, форсунок; и/или в котором устройство имеет от 1 до 200, в частности от 2 до 100, предпочтительно от 5 до 60 распылительных вводных труб.

Предпочтительно распылительные вводные трубы расположены для образования от 1 до 10, в частности от 1 до 7, предпочтительно от 1 до 5, плоскостей введения в распыленном виде, причем каждая плоскость введения в распыленном виде, в частности имеет от 1 до 20, в частности от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 12 распылительных вводных труб (3), и/или устройство размещено ниже по потоку, в частности, непосредственно ниже по потоку от аппарата для сжигания, в частности камеры для сжигания, и, в частности, расположено между аппаратом для сжигания (8) и теплообменником.

Предпочтительно устройство имеет по меньшей мере один резервуар для воды для хранения и/или подачи воды, причем резервуар для воды присоединен к распылительным вводным трубам посредством по меньшей мере одной подающей линии; и/или устройство имеет по меньшей мере один газовый резервуар для хранения и/или подачи необязательно сжатых газов, в частности сжатого воздуха, причем газовый резервуар присоединен к распылительным вводным трубам посредством по меньшей мере одной подающей линии, в особенности, в котором создание избыточного давления в распылительных вводных трубах для того, чтобы выгрузить восстанавливающие агенты в реактор, осуществляется посредством газов, хранящихся в газовом резервуаре.

Предпочтительно дозирующее и/или смешивающее устройство, в частности, присоединено к резервуарам, к распылительным вводным трубам и, необязательно, к любому присутствующему резервуару для воды; и/или, в частности, дозирующее и/или смешивающее устройство сконфигурировано таким образом, что массовые и/или объемные отношения восстанавливающих агентов друг к другу, в частности массовые и/или объемные отношения смесей восстанавливающих агентов, и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов можно регулировать идентичным образом и/или можно регулировать индивидуально для индивидуальной, в частности для каждой распылительной вводной трубы и/или для групп распылительных вводных труб, предпочтительно для каждой распылительной вводной трубы.

Предпочтительно устройство может работать при температурах в диапазоне от 750 до 1200°C, в частности от 800 до 1150°C, предпочтительно от 850 до 1100°C.

Предпочтительно устройство имеет по меньшей мере одно измерительное устройство для измерения температур отходящих газов и/или для измерения температурного профиля отходящих газов и/или для измерения сигнала нагрузки и/или для измерения значения остаточного содержания оксидов азота в чистом газе, полученном после очистки, в частности с целью контроля введения восстанавливающих агентов в поток отходящих газов.

Предпочтительно устройство имеет, в частности, выше по потоку от распылительных вводных труб, измерительное устройство для определения температуры отходящих газов и/или для измерения температурного профиля отходящих газов, в частности, посредством акустического или оптического измерения температуры, предпочтительно, посредством акустического измерения температуры.

Таким образом, изобретение далее предлагает согласно второму аспекту настоящего изобретения устройство (установку) для очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота, из промышленных процессов, например дымовых газов, с целью удаления и/или отделения оксидов азота и/или с целью уменьшения содержания оксидов азота посредством химического восстановления оксидов азота, в частности устройство (установку) для удаления оксидов азота из отходящих газов промышленных установок, предпочтительно для осуществления способа, описанного выше, где устройство включает:

(a) реактор для контакта и/или взаимодействия по меньшей мере двух различных восстанавливающих агентов с отходящими газами, содержащими оксиды азота, где реактор имеет множество устройств для введения в распыленном виде, в частности распылительных вводных труб, для введения, в частности введения в распыленной форме по меньшей мере двух различных азотсодержащих восстанавливающих агентов, в частности аммиака и мочевины, где устройства для введения в распыленном виде можно регулировать индивидуально и/или группами, предпочтительно, индивидуально,

(b) по меньшей мере один первый резервуар, в частности первый питающий сосуд, для хранения и/или подачи по меньшей мере одного первого восстанавливающего агента, который предназначен, в частности, для реактора и присоединен, предпочтительно, посредством по меньшей мере одной подающей линии, к устройствам для введения в распыленном виде, и

(c) по меньшей мере один второй резервуар, в частности второй питающий сосуд, для хранения и/или подачи по меньшей мере одного второго восстанавливающего агента, который отличается от первого восстанавливающего агента, который предназначен, в частности, для реактора и присоединен, предпочтительно, посредством по меньшей мере одной подающей линии к устройствам для введения в

распыленном виде.

Как указано выше в связи со способом по изобретению, выходящий поток восстанавливающих агентов из устройств для введения в распыленном виде можно регулировать индивидуально для каждого устройства для введения в распыленном виде и/или для группы устройств для введения в распыленном виде.

Как аналогичным образом описано выше в контексте способа по изобретению, каждое устройство для введения в распыленном виде имеет одну или более, в частности от 1 до 20, предпочтительно от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 10, особенно предпочтительно от 1 до 5, форсунок.

В варианте осуществления, который является предпочтительным согласно изобретению, устройство имеет от 1 до 200, в частности от 2 до 100, предпочтительно от 5 до 60 устройств для введения в распыленном виде.

Аналогичным образом, было обнаружено, что является преимущественным, когда устройства для введения в распыленном виде расположены в от 1 до 10, в частности от 1 до 7, предпочтительно от 1 до 5, плоскостях введения в распыленном виде.

В данном контексте, особенно хорошие результаты получаются, когда каждая плоскость введения в распыленном виде имеет от 1 до 20, в частности от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 12 устройств для введения в распыленном виде.

Как указано выше в описании способа по изобретению, устройства для введения в распыленном виде можно сконфигурировать для введения, в частности, взбрызгивания, предпочтительно введения в распыленном виде, водных растворов восстанавливающих агентов, в частности, водных растворов аммиака и/или мочевины.

Что касается расположения устройства по изобретению, например, в больших установках для сжигания, таких как установки для сжигания отходов или объединенные теплоэлектростанции, устройство, как правило, размещают ниже по потоку, в частности непосредственно ниже по потоку, от аппарата для сжигания, в частности камеры для сжигания. Было обнаружено, что полезно располагать устройство между аппаратом для сжигания и теплообменником. Данное расположение дает возможность достичь высоких температур, требующихся для осуществления способа по изобретению.

Что касается дальнейшей конструкции устройства по изобретению, можно обеспечить для целей изобретения, чтобы данное устройство имело по меньшей мере один резервуар для воды для хранения и/или подачи воды. В данном случае аналогичным образом резервуар для воды можно предназначить для реактора и, предпочтительно, присоединить к устройствам для введения в распыленном виде посредством по меньшей мере одного трубопровода.

Кроме того, устройство может иметь по меньшей мере один газовый резервуар для хранения и/или подачи необязательно сжатых газов, в частности сжатого воздуха. В данном случае газовый резервуар можно предназначить для реактора и предпочтительно присоединить к устройствам для введения в распыленном виде посредством по меньшей мере одного трубопровода. Резервуар для воды предназначен, в частности, для примешивания дополнительной технологической воды в восстанавливающие агенты или смеси восстанавливающих агентов для того, чтобы получить идеальную концентрацию восстанавливающих агентов для соответствующей глубины проникновения в поток дымовых газов. В качестве альтернативы резервуару для воды также возможно присутствие простого трубопровода для воды под давлением. Газовый резервуар служит, в частности, для создания и поддержания давления, требующегося для введения в распыленном виде.

Поэтому для целей настоящего изобретения создание избыточного давления в устройствах для введения в распыленном виде для того, чтобы выгрузить восстанавливающие агенты в реактор, также можно осуществить посредством газов, хранящихся в газовом резервуаре.

Как указано выше в связи со способом по изобретению, часто является выгодным смешивать восстанавливающие агенты перед введением в отходящие газы.

В особом варианте осуществления настоящего изобретения устройство по изобретению, следовательно, имеет по меньшей мере одно дозирующее и/или смешивающее устройство.

В данном контексте, было обнаружено, что полезно и выгодно присоединить дозирующее и/или смешивающее устройство к резервуарам для восстанавливающих агентов, к устройствам для введения в распыленном виде, а также, необязательно, к необязательно присутствующему резервуару для воды.

Дозирующее и/или смешивающее устройство в данном случае можно присоединить прямо или косвенно, т.е. посредством дополнительных промежуточных устройств или подающих линий, к дополнительным устройствам. Таким образом, можно устанавливать отношения индивидуальных восстанавливающих агентов друг к другу и их концентрации в смеси, распыляемой в реактор, в дозирующем и/или смешивающем устройстве.

Для целей настоящего изобретения, как было обнаружено, является особенно выгодным сконфигурировать дозирующее и/или смешивающее устройство таким образом, что массовые или объемные отношения восстанавливающих агентов друг к другу, в частности массовые или объемные отношения смесей восстанавливающих агентов и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов можно регулировать идентичным образом и/или можно регулировать индивидуально для индивидуаль-

ного, в частности для каждого устройства для введения в распыленном виде и/или для групп устройств для введения в распыленном виде, предпочтительно для каждого устройства для введения в распыленном виде.

Как указано выше в описании способа по изобретению, устройство по изобретению может работать при температурах в диапазоне от 750 до 1250°C, в частности от 800 до 1150°C, предпочтительно от 850 до 1250°C.

Кроме того, введение восстанавливающих агентов в поток отходящих газов можно контролировать посредством измерения температур отходящих газов и/или посредством измерения температурного профиля отходящих газов и/или посредством сигнала нагрузки и/или посредством сравнения измеренного значения остаточного содержания оксидов азота в чистом газе, полученном после очистки, и заданного предполагаемого значения.

Что касается технологического контроля способа по изобретению, устройство может иметь по меньшей мере одно измерительное устройство для измерения температур отходящих газов и/или для измерения температурного профиля отходящих газов и/или для измерения сигнала нагрузки и/или для измерения значения остаточного содержания оксидов азота в чистом газе, полученном после очистки, в частности с целью контроля введения восстанавливающих агентов в поток отходящих газов.

В данном контексте было обнаружено, что особенно выгодно, чтобы устройство имело, в частности, выше по потоку от устройств введения в распыленном виде, измерительное устройство для определения температуры отходящих газов и/или для измерения температурного профиля отходящих газов, в частности посредством акустического или оптического измерения температуры, предпочтительно посредством акустического измерения температуры.

Для дальнейших деталей, касающихся устройства или установки по изобретению, можно сделать ссылку к тому, что указано выше относительно способа по изобретению, что аналогичным образом распространяется на устройство или установку по изобретению.

Способ по изобретению и устройство или установка по изобретению для очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота, из промышленных процессов иллюстрируются посредством примера и в неограничивающей манере на сопровождающих фигурах.

Дальнейшие преимущества, свойства, аспекты и характерные черты настоящего изобретения можно получить из следующего ниже описания вариантов осуществления, которые являются предпочтительными согласно изобретению и показаны на чертежах.

Единственная фигура схематически показывает устройство 1 по изобретению для осуществления способа согласно изобретению.

Фигура показывает реактор 2 для осуществления способа по изобретению для очистки отходящих газов, содержащих оксиды азота, из промышленных процессов. Устройство по изобретению обычно устанавливается ниже по потоку от камеры для сжигания 8, например камеры для сжигания в установке для сжигания отходов или в объединенной теплоэлектростанции, и размещают непосредственно выше по потоку от теплообменников 9, в которых тепло, выделяющееся при сгорании, удаляется из дымовых газов и передается для дальнейшего использования.

Реактор 2 имеет множество распылительных вводных устройств 3, которые в изображении на фигуре расположены для полной ясности в пяти плоскостях введения в распыленном виде. Более того, реактор 2 имеет систему для акустического измерения температуры газа 13/13А, которая расположена непосредственно выше по потоку от распылительных вводных труб (фурм) 3 для введения восстанавливающих агентов в распыленном виде в поток дымовых газов. В качестве альтернативы измерение температуры также можно осуществить между отдельными плоскостями введения в распыленном виде или посредством множества систем для акустического измерения температуры газа 13/13А. На основании температурного профиля потока отходящих газов, определенного посредством измерения температуры, целенаправленным образом можно установить состав восстанавливающего агента, распыляемого в реактор, и давление введения в распыленном виде и размер капель.

Устройства для введения в распыленном виде 3 присоединяют посредством подающей линии 11А к резервуару 11 для сжатого воздуха.

Кроме того, устройства для введения в распыленном виде 3 присоединяют к смешивающему устройству 12, которое соединено посредством подающих линий 6А и 7А с питающими сосудами 6 и 7, соответственно, которые содержат восстанавливающие агенты 4 (аммиак) и 5 (мочевину) в форме их водных растворов. Более того, смешивающее устройство 12 присоединено посредством подающей линии 10А к резервуару 10 для воды.

Однако, в качестве альтернативы, также можно присоединить не только питающие сосуды 6 и 7 для хранения или подачи восстанавливающих агентов и питающий сосуд 10 для хранения или подачи воды к смешивающему устройству 12, но также присоединить резервуар 11 для подачи сжатого воздуха к смешивающему устройству 12.

В качестве отступления от фигуры смешивающее устройство 12 предпочтительно можно присоединить не только посредством подающей линии к распылительным вводным трубам 3, но также посредством множества подающих линий, в частности, по меньшей мере, каждую плоскость введения в распы-

ленном виде распылительных вводных труб 3 можно присоединить посредством по меньшей мере одного предназначенного трубопровода к смешивающему устройству 12. Однако для наглядности изображение множества трубопроводов исключено из фигуры.

Для целей способа по изобретению основные параметры для дозированного введения или добавления восстанавливающих агентов в реактор 2 предпочтительно выбирают на основании сигнала нагрузки от камеры для сжигания.

Отношения раствора аммиака и раствора мочевины друг к другу устанавливают в аппарате смешивания 12 на основании температурного профиля потока дымовых газов, измеренного посредством акустического измерения температуры газа с помощью измерительных устройств 13/13А, и концентрацию восстанавливающих агентов на входе в реактор определяют посредством добавления технологической воды.

В качестве альтернативы схеме, изображенной на фигуре, также можно и является предпочтительным согласно изобретению устанавливать соответствующие отношения раствора аммиака к раствору мочевины, а также общую концентрацию раствора для восстановления в растворе, который вводят в распыленной форме в реактор, индивидуально для каждого устройства введения в распыленном виде.

Затем в соответствующую распылительную вводную трубу подают сжатый воздух посредством подающей линии 11А, с помощью чего соответствующее выходное давление и, таким образом, глубину проникновения и размер капель раствора восстанавливающего агента можно установить целенаправленным образом. В качестве альтернативы, в данном случае можно также предоставить возможность регулирования сжатого воздуха аналогичным образом вместе со смешиванием восстанавливающих агентов посредством измеряющего и дозирующего устройства.

Дальнейшие варианты осуществления, модификации, изменения и особые характерные черты настоящего изобретения могут быть легко поняты и осуществлены специалистом в данной области при чтении данного описания, без выхода за границы объема патентной защиты настоящего изобретения.

Настоящее изобретение будет проиллюстрировано посредством следующих ниже примеров, без ограничения этим настоящего изобретения.

Примеры

Чтобы проиллюстрировать эффективность способа по изобретению, а также устройства по изобретению, объект настоящего изобретения будет проиллюстрирован с помощью следующих ниже примеров. Способ осуществляют согласно изобретению в устройстве, как показано схематически и иллюстративно на одной фигуре.

Восстановление оксидов азота в дымовых газах согласно изобретению демонстрируется для котла, работающего на угольном топливе, из предшествующего уровня техники при полной загрузке (200 мегаватт). Устройство по изобретению для уменьшения содержания оксидов азота в дымовых газах устанавливают между котлом и теплообменниками установки. Устройство по изобретению состоит из реакционного пространства (реактора), в которое можно ввести в распыленной форме водный аммиак (25 мас.% NH_3 , исходя из массы водного аммиака), раствор мочевины (40 мас.% мочевины, исходя из массы раствора) и смеси данных двух жидкостей посредством 60 распылительных вводных труб, распределенных по 5 плоскостям введения в распыленном виде, каждая из которых имеет 12 распылительных вводных труб. Систему акустического измерения температуры устанавливают непосредственно выше по потоку от первой плоскости введения в распыленном виде, и она дает возможность устанавливать температурный профиль потока дымовых газов и таким способом контролировать распылительные вводные трубы.

В начале процесса, а также через регулярные интервалы в ходе процесса содержание оксидов азота в исходном газе, т.е. отходящем газе, который еще не подвергался обработке, измеряют, чтобы дать возможность в сочетании с сигналом нагрузки грубой регулировки устройства очистки отходящих газов и технологических параметров.

В течение всего дальнейшего хода процесса определяют содержание оксидов азота в подвергнутых очистке отходящих газах (т.е. чистых газах) и проскок аммиака с тем, чтобы дать возможность тонкой регулировки способа по изобретению или устройства по изобретению.

Осуществляют ряд испытаний: сначала осуществляют два способа, которые не являются способами по изобретению, и основаны только на использовании раствора аммиака или раствора мочевины. Затем осуществляют технологические операции в соответствии со способом по изобретению, используя комбинацию раствора аммиака и раствора мочевины. В данном примере отношения раствора аммиака к раствору мочевины в каждом случае варьируют внутри различных диапазонов. Ни в одном из испытаний водные растворы восстанавливающих агентов не смешивают с дополнительным количеством воды. Результаты технологических операций суммированы в таблице.

Как видно из данных таблицы, как одиночное введение в распыленном виде раствора мочевины, так и одиночное введение в распыленном виде раствора аммиака дает снижение содержания оксидов азота в отходящих газах, соответствующее существующим в настоящее время законодательным пределам. Однако одиночное введение в распыленном виде аммиака ведет к увеличенному проскоку аммиака, поскольку аммиак испаряется немедленно после выхода из форсунок и, таким образом, только частично входит в контакт с оксидами азота в желательном температурном диапазоне.

Одиночное использование мочевины в результате дает существенно улучшенный (сниженный) про-

скок аммиака, но приводит к заметной коррозии на теплообменниках, поскольку, в частности, при высокой нагрузке котла необходимым становится введение в распыленном виде в область теплообменников, чтобы снизить содержание оксидов азота в дымовых газах до желательного уровня.

По сравнению с вышеуказанными способами, которые не являются способами по изобретению, три технологические операции по изобретению показывают значительную эффективность очистки дымовых газов, т.е. содержание оксидов азота в подвергнутых очистке отходящих газах значительно ниже по сравнению со способами, которые не являются способами по изобретению. Более того, проскок аммиака также значительно снижен в способах по изобретению, и никакая коррозия не наблюдается в области теплообменников.

Очень хорошие результаты получаются, когда отношение аммиака к мочеvine варьируют в диапазоне от 1:99 до 99:1, причем лучшие результаты получают, когда отношение аммиака к мочеvine составляет от 20:80 до 80:20. В данном диапазоне и в том числе при отношениях аммиак/мочевина от 10:90 до 90:10 способ по изобретению дает степени удаления оксидов азота, добиться которых в ином случае можно только при использовании каталитических способов

Восстанавливающий агент	Отношение NH ₃ :мочевина	NO _x в исходном газе, мг/стандартный м ³	NO _x в чистом газе, мг/стандартный м ³	dNO _x , мг/стандартный м ³	Проскок NH ₃ , мг/станд. м ³	Коррозия
NH ₃ *	100% NH ₃	385	195	190	14,3	Нет
Мочевина*	100% мочевины	390	187	203	8,9	Да
NH ₃ /мочевина	от 1:99 до 99:1	387	123	264	6,2	Нет
NH ₃ /мочевина	от 10:90 до 90:10	382	101	281	5,4	Нет
NH ₃ /мочевина	от 20:80 до 80:20	391	94	297	4,9	Нет

* не является способом по изобретению.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ удаления оксидов азота из отходящих газов промышленных установок, в котором по меньшей мере два различных азотсодержащих восстанавливающих агента приводят в контакт с отходящими газами, содержащими оксиды азота, и/или вводят в поток отходящих газов, содержащих оксиды азота,

при этом аммиак и мочеvinу в форме их водных растворов используют в качестве различных восстанавливающих агентов,

восстанавливающие агенты вводят в распыленной форме в поток отходящих газов посредством распылительных вводных труб,

определяют по меньшей мере один температурный профиль отходящих газов в плоскости поперечного сечения пространства горения,

поток отходящих газов разделяют на секции исходя из измеренного температурного профиля отходящих газов, так чтобы восстанавливающие агенты достигали мест в потоке отходящих газов, которые наиболее эффективны для реакции оксидов азота и восстанавливающих агентов при быстром изменении температур отходящих газов, для достижения оптимального рабочего диапазона, касающегося степени удаления оксидов азота, проскока аммиака и расхода восстанавливающих агентов, и для данных секций предназначены заданные индивидуальные распылительные вводные трубы и/или заданные группы распылительных вводных труб; и

распылительные вводные трубы приводят в действие или выключают индивидуально или группами и давление ввода восстанавливающих агентов регулируют для индивидуальных распылительных вводных труб или для групп распылительных вводных труб на основании измеренного температурного профиля отходящих газов,

количество и/или момент введения восстанавливающих агентов регулируется на основании измерения температурного профиля отходящих газов,

различные восстанавливающие агенты или их смеси вводят гибко и взаимозаменяемо в поток отходящих газов,

регулируют массовые и/или объемные отношения восстанавливающих агентов друг к другу, в частности массовые и/или объемные отношения смесей восстанавливающих агентов и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов на основании измеренного температурного профиля отходящих газов.

2. Способ по п.1, который осуществляют в отсутствие катализатора и/или который осуществляют в виде селективного некаталитического восстановления, в частности в виде процесса СНКВ.

3. Способ по п.1 или 2,

в котором аммиак используют в форме водного раствора, содержащего от 10 до 35 мас.%, в частности от 15 до 30 мас.%, предпочтительно от 20 до 30 мас.%, более предпочтительно примерно 25 мас.% NH_3 , исходя из массы раствора, и/или

в котором мочевины используют в форме водного раствора, содержащего от 10 до 50 мас.%, в частности от 20 до 50 мас.%, предпочтительно от 30 до 50 мас.%, более предпочтительно от 40 до 45 мас.% мочевины, исходя из массы раствора, и, в частности, водный аммиачный раствор и/или водный раствор мочевины смешивают с дополнительным количеством воды перед введением раствора(ов) в поток отходящих газов; и/или

в котором аммиак и мочевины вводят при массовом отношении аммиак/мочевина от 99:1 до 1:99, в частности от 95:5 до 5:95, предпочтительно от 9:1 до 1:9, более предпочтительно от 7:1 до 1:7, еще более предпочтительно от 4:1 до 1:6, особенно предпочтительно от 2:1 до 1:5, в поток отходящих газов, в частности с совместным введением аммиака и мочевины.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором восстанавливающие агенты вводят в поток отходящих газов посредством распылительных вводных труб, причем каждая распылительная вводная труба имеет одну или более, в частности от 1 до 20, предпочтительно от 1 до 15, более предпочтительно от 1 до 10, особенно предпочтительно от 1 до 5, форсунок для введения восстанавливающих агентов в поток отходящих газов, в частности, в котором распылительные вводные трубы расположены для образования от 1 до 10, в частности от 1 до 7, предпочтительно от 1 до 5, плоскостей введения в распыленном виде, причем, в частности, каждая плоскость введения в распыленном виде имеет от 1 до 20, в частности от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 12 распылительных вводных труб; и/или, в особенности, в котором восстанавливающие агенты вводят в поток дымовых газов с помощью от 1 до 200, в частности от 2 до 100, предпочтительно от 5 до 60 распылительных вводных труб.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, который осуществляют при температурах в диапазоне от 750 до 1200°C, в частности от 800 до 1150°C, предпочтительно от 850 до 1100°C.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором по меньшей мере один температурный профиль отходящих газов определяют посредством акустического и/или оптического измерения температуры, предпочтительно акустического измерения температуры.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов,

в котором массовые отношения восстанавливающих агентов, в частности массовые отношения смеси восстанавливающих агентов, и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов устанавливают идентичными для всех распылительных вводных труб и/или устанавливают индивидуально для индивидуальной, в частности каждой распылительной вводной трубы и/или для групп распылительных вводных труб, предпочтительно для каждой распылительной вводной трубы, и/или

в котором восстанавливающие агенты вводят в поток отходящих газов в таких количествах, что молярное отношение, в частности отношение эквивалентов, общего количества используемых восстанавливающих агентов к оксидам азота, которые следует восстановить, находится в диапазоне от 1:1 до 5:1, в частности от 2:1 до 4:1, предпочтительно примерно 2,5:3,5.

8. Устройство (установка) (1) для удаления оксидов азота из отходящих газов промышленных установок для осуществления способа по любому из предшествующих пунктов, причем устройство (1) содержит:

(a) реактор (2) для контакта и/или взаимодействия по меньшей мере двух различных восстанавливающих агентов с отходящими газами, содержащими оксиды азота, причем реактор (2) имеет множество распылительных вводных труб (3), выполненных с возможностью распыленного введения водных растворов аммиака и мочевины и приводимых в действие или выключаемых индивидуально или группами, давление ввода восстанавливающих агентов, в которых регулируется для индивидуальных распылительных вводных труб или для групп распылительных вводных труб;

(b) по меньшей мере один первый резервуар (6) для хранения и/или подачи по меньшей мере одного первого восстанавливающего агента (4), который предназначен для реактора (2) и присоединен посредством по меньшей мере одной подающей линии (6A), к распылительным вводным трубам (3); и

(c) по меньшей мере один второй резервуар (7) для хранения и/или подачи по меньшей мере одного второго восстанавливающего агента (5), который отличается от первого восстанавливающего агента, который предназначен для реактора (2) и присоединен посредством по меньшей мере одной подающей линии (7A) к распылительным вводным трубам (3),

причем устройство (1) имеет по меньшей мере одно измерительное устройство (13) для измерения температурного профиля отходящих газов с целью контроля введения восстанавливающих агентов (4, 5) в поток отходящих газов;

(d) дозирующее и/или смешивающее устройство (12), выполненное с возможностью регулирования массовых и/или объемных отношений восстанавливающих агентов (4, 5) друг к другу, в частности массовых и/или объемных отношений смесей восстанавливающих агентов (4, 5), и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов (4, 5) на основании измеренного температурного профиля отходящих газов.

9. Устройство по п.8,

в котором каждая распылительная вводная труба (3) имеет одну или более, в частности от 1 до 20, предпочтительно от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 10, особенно предпочтительно от 1 до 5, форсунок; и/или

в котором устройство (1) имеет от 1 до 200, в частности от 2 до 100, предпочтительно от 5 до 60 распылительных вводных труб (3).

10. Устройство по п.8 или 9,

в котором распылительные вводные трубы (3) расположены для образования от 1 до 10, в частности от 1 до 7, предпочтительно от 1 до 5, плоскостей введения в распыленном виде, причем каждая плоскость введения в распыленном виде, в частности, имеет от 1 до 20, в частности от 1 до 15, предпочтительно от 1 до 12 распылительных вводных труб (3), и/или

в котором устройство (1) размещено ниже по потоку, в частности непосредственно ниже по потоку от аппарата для сжигания (8), в частности камеры для сжигания, и, в частности, расположено между аппаратом для сжигания (8) и теплообменником (9).

11. Устройство по любому из предшествующих пунктов,

в котором устройство (1) имеет по меньшей мере один резервуар для воды (10) для хранения и/или подачи воды, причем резервуар для воды (10) присоединен к распылительным вводным трубам (3) посредством по меньшей мере одной подающей линии (10А); и/или

в котором устройство (1) имеет по меньшей мере один газовый резервуар (11) для хранения и/или подачи необязательно сжатых газов, в частности сжатого воздуха, причем газовый резервуар (11) присоединен к распылительным вводным трубам (3) посредством по меньшей мере одной подающей линии (11А), в особенности, в котором создание избыточного давления в распылительных вводных трубах (3) для того, чтобы выгрузить восстанавливающие агенты (4, 5) в реактор (2), осуществляется посредством газов, хранящихся в газовом резервуаре (11).

12. Устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором дозирующее и/или смешивающее устройство (12), в частности, присоединено к резервуарам (6, 7), к распылительным вводным трубам (3) и, необязательно, к любому присутствующему резервуару для воды (10); и/или, в частности, дозирующее и/или смешивающее устройство (12) сконфигурировано таким образом, что массовые и/или объемные отношения восстанавливающих агентов (4, 5) друг к другу, в частности массовые и/или объемные отношения смесей восстанавливающих агентов (4, 5), и/или концентрации водных растворов восстанавливающих агентов (4, 5) можно регулировать идентичным образом и/или можно регулировать индивидуально для индивидуальной, в частности для каждой распылительной вводной трубы (3) и/или для групп распылительных вводных труб (3), предпочтительно для каждой распылительной вводной трубы (3).

13. Устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором устройство (1) может работать при температурах в диапазоне от 750 до 1200°C, в частности от 800 до 1150°C, предпочтительно от 850 до 1100°C.

14. Устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором устройство (1) имеет по меньшей мере одно измерительное устройство (13) для измерения температур отходящих газов и/или для измерения температурного профиля отходящих газов и/или для измерения сигнала нагрузки и/или для измерения значения остаточного содержания оксидов азота в чистом газе, полученном после очистки, в частности, с целью контроля введения восстанавливающих агентов (4, 5) в поток отходящих газов.

15. Устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором устройство (1) имеет, в частности, выше по потоку от распылительных вводных труб (3) измерительное устройство (13А) для определения температуры отходящих газов и/или для измерения температурного профиля отходящих газов, в частности посредством акустического или оптического измерения температуры, предпочтительно посредством акустического измерения температуры.

