

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **027298**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- (45) Дата публикации и выдачи патента  
**2017.07.31**
- (21) Номер заявки  
**201491619**
- (22) Дата подачи заявки  
**2012.09.21**
- (51) Int. Cl. **B01D 53/90** (2006.01)  
**B01D 53/94** (2006.01)  
**F01N 3/035** (2006.01)  
**F01N 3/20** (2006.01)  
**F01N 3/10** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ  
ВЫХЛОПНОГО ГАЗА ДВИГАТЕЛЯ**

---

- (31) **РА 2012 00169**
- (32) **2012.03.02**
- (33) **DK**
- (43) **2015.02.27**
- (86) **РСТ/ЕР2012/068623**
- (87) **WO 2013/127473 2013.09.06**
- (71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ХАЛЬДОР ТОПСЁЭ А/С (DK)**
- (72) Изобретатель:  
**Ёхансен Кельд (DK)**
- (74) Представитель:  
**Беляева Е.Н. (BY)**
- (56) **WO-A1-2007145548**  
**WO-A1-2004111401**  
**WO-A1-2004076037**  
**US-A1-2010077739**  
**US-A1-2011162347**  
**US-A1-2007122317**

- (57) В изобретении представлены способ и система для удаления вредных соединений из двигателей, работающих на обедненной топливной смеси, причем способ включает последовательно этапы контактирования выхлопного газа с катализатором, проявляющим активность при окислении летучих органических соединений и монооксида углерода, пропускания обработанного выхлопного газа через сажевый фильтр, катализированный первым СКВ-катализатором, и пропускания выходящего из сажевого фильтра выхлопного газа через второй СКВ-катализатор, причем аммиак вводят в выхлопной газ перед подачей в катализированный сажевый фильтр при температуре ниже или около 220°C и причем между первым и вторым СКВ-катализатором вводят мочевины, когда выхлопной газ достигает температуры около 200°C.

**027298**  
**B1**

**027298**  
**B1**

Настоящее изобретение относится к способу и системе для уменьшения выбросов оксидов азота (NO<sub>x</sub>) и твердых частиц, присутствующих в выхлопе двигателей внутреннего сгорания, с воспламенением от сжатия, работающих на обедненной топливной смеси. В частности, способ и система согласно изобретению обеспечивают уменьшение выбросов NO<sub>x</sub> при запуске двигателя из холодного состояния.

Выхлопная система современных автомобилей с двигателями, работающими на обедненной топливной смеси, оснащена катализатором окисления, сажевым фильтром и катализатором для селективного каталитического восстановления NO<sub>x</sub> (СКВ-катализатором) в присутствии восстанавливающего агента.

Катализаторы окисления, проявляющие активность при окислении летучих органических соединений и монооксида углерода, а также СКВ-катализаторы известны в уровне техники и описаны во множестве публикаций.

В качестве сажевого фильтра, как правило, применяют так называемые "wall-flow"-фильтры с множеством впускных и выводных каналов. Впускные каналы закрыты на выходе, а выводные каналы закрыты на входе таким образом, что газ, проникающий в фильтр, вынужден проходить через пористые стенки, образующие каналы, в результате чего из газа отфильтровываются твердые частицы.

При селективном каталитическом восстановлении в качестве восстанавливающего агента, как правило, используют аммиак. Аммиак является вредным соединением, поэтому предпочтительным является генерирование аммиака в реакционной смеси путем термического разложения раствора мочевины, вводимого в качестве прекурсора аммиака в горячий выхлопной газ перед подачей в СКВ-катализатор.

Даже учитывая то, что мочевина нетоксична, и ее легко хранить внутри автомобиля, использование жидкого раствора мочевины в качестве прекурсора восстанавливающего агента - аммиака является проблематичным, в частности, во время фазы запуска двигателя из холодного состояния, т.е. когда температура выхлопного газа ниже 200°C.

После введения жидкого раствора мочевины в выхлопной газ происходит разложение мочевины до аммиака в количествах, достаточных только для СКВ, при температуре от около 200°C.

Настоящее изобретение основано на использовании фильтра с СКВ-катализатором в сочетании с введением при низкой температуре восстанавливающего агента - аммиака в выхлопной газ двигателя, работающего на обедненной топливной смеси, во время фазы запуска двигателя из холодного состояния, когда температура выхлопного газа ниже 220°C, а также второго СКВ-катализатора, при этом необходимый восстанавливающий агент образуется путем разложения мочевины, введенной в выхлопной газ при температурах выше 200°C после фазы запуска из холодного состояния. Таким образом, возможно получить уменьшение уровня NO<sub>x</sub> в выхлопном газе двигателя, которое составляет более 99%, в полном ездовом цикле.

Настоящее изобретение представляет способ удаления вредных соединений из выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия, работающего на обедненной топливной смеси, включающий последовательно следующие этапы:

контактирование выхлопного газа с катализатором, проявляющим активность при окислении летучих органических соединений и монооксида углерода до диоксида углерода и воды, а также оксида азота до диоксида азота;

пропускание обработанного таким образом выхлопного газа через сажевый фильтр, катализируемый первым СКВ-катализатором для селективного восстановления оксидов азота;

пропускание выходящего из фильтра выхлопного газа через второй СКВ-катализатор для селективного восстановления оксидов азота, причем восстанавливающий агент - аммиак вводят в выхлопной газ двигателя перед подачей в катализируемый сажевый фильтр во время фазы запуска двигателя из холодного состояния, когда температура газа составляет ниже или около 220°C, и причем введение аммиака прекращают, а в качестве прекурсора восстанавливающего агента - аммиака в газ между первым и вторым СКВ-катализатором вводят мочевину, когда газ достигает температуры около 200°C.

Преимуществом способа согласно изобретению является то, что аммиак имеет крайне малый промежуток смешения, и с помощью введения аммиака обеспечивается возможность расположения дизельного катализатора окисления (DOC) и фильтра с СКВ-катализатором (SCR/DPF) с глухим соединением. Такое расположение с глухим соединением, а также малый объем DOC и SCR/DPF способствует быстрому нагреванию этих блоков и, следовательно, обеспечивает достаточную активность катализатора на ранней фазе после запуска из холодного состояния. Во время фазы запуска двигателя из холодного состояния с помощью DOC в выхлопном газе происходит образование NO<sub>2</sub> из NO, и обеспечиваются температурные условия для пассивной регенерации фильтра SCR/DPF, расположенного с глухим соединением.

Введение аммиака может начинаться, когда температура выхлопного газа составляет от 160°C. При температурах ниже 200°C аммиак, по существу, остается непрореагировавшим при прохождении через DOC.

Таким образом, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения аммиак вводят в выхлопной газ перед контактом с DOC.

В качестве альтернативы, аммиака может быть введен между DOC и SCR/DPF.

Аммиак может храниться сам по себе во встроенном контейнере или предпочтительно может высвобождаться из твердого материала для хранения аммиака, например, путем термодесорбции. Твердые материалы для хранения аммиака, такие как металлические соли аминов или аммониевые соединения, известны в уровне техники, например, из WO 2206/012903.

Введение аммиака прекращают, когда температура выхлопного газа составляет около 220°C, и при температуре около 200°C начинают введение мочевины в выхлопной газ, покидающий катализированный фильтр.

Это означает, что для полного устранения NOx необходимо лишь ограниченное количество находящегося на хранении аммиака во время фазы запуска двигателя из холодного состояния. В основном ездовом цикле, когда температура выхлопного газа составляет более 220°C, аммиак образуется путем разложения раствора мочевины, вводимой в горячий выхлопной газ между SCR/DPF и вторым СКВ.

При температуре выше 200°C NO в выхлопном газе окисляется до NO<sub>2</sub> путем контакта с DOC. Образовавшийся NO<sub>2</sub> используют для пассивной регенерации фильтра DPF. Таким образом, при температурах выше 220°C все количество образованного NO<sub>2</sub> может использоваться исключительно для пассивной регенерации сажевого фильтра.

Современные двигатели с низким выбросом сажи обеспечивают возможность пассивной регенерации сажевого фильтра, и максимальная температура на входе во второй СКВ-катализатор может сохраняться ниже 550°C. Это означает, что второй СКВ-катализатор может быть выбран из менее дорогостоящих соединений катализаторов на основе ванадия или цеолита.

Еще одним преимуществом способа согласно изобретению является то, что пассивная регенерация является более эффективной, так как аммиак не присутствует в выхлопном газе в течение основного ездового цикла, и селективное каталитическое восстановление в фильтре SCR/DPF прекращается.

Небольшие количества аммиака могут присутствовать в выхлопном газе из второго СКВ-катализатора. Таким образом, предпочтительно пропустить выхлопной газ из второго СКВ-катализатора через катализатор селективного окисления аммиака, расположенный после второго СКВ-катализатора. С помощью катализатора селективного окисления аммиака происходит преобразование аммиака в азот.

Кроме того, настоящее изобретение предоставляет систему для применения способа согласно изобретению.

Указанная система содержит внутри канала выхлопного газа двигателя соединенные с двигателем, последовательно расположенные

блок с катализатором окисления для окисления летучих органических соединений и монооксида углерода до диоксида углерода и воды, а также оксида азота до диоксида азота;

сажевый фильтр, содержащий первый катализатор для селективного восстановления оксидов азота;

блок со вторым катализатором для селективного восстановления оксидов азота;

расположенное перед сажевым фильтром устройство для введения аммиака в канал выхлопного газа двигателя;

расположенное между сажевым фильтром и вторым катализатором для селективного восстановления оксидов азота устройство для введения мочевины в канал выхлопного газа двигателя.

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения устройство для введения аммиака расположено между двигателем и блоком с катализатором окисления.

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения устройство для введения аммиака представляет собой соединительное звено с контейнером, содержащим твердый материал для хранения аммиака.

В случае, когда DOC и фильтр SCR/DPF выполнены с глухим соединением, тепловая потеря ограничивается, что обеспечивает повышенные температуры и повышенное образование NO<sub>2</sub> над DOC и повышенные температуры в фильтре, что приводит к более эффективной пассивной регенерации сажевого фильтра.

Для удаления небольших количеств аммиака, не конвертированного в СКВ-катализаторах, предпочтительно расположить катализатор проскака аммиака после второго блока СКВ.

Таким образом, система будет иметь одну из следующих конфигураций:

Двигатель → ccDOC → NH<sub>3</sub> (<220°C) → ccSCR/DPF → Мочевина (>200°C) →

второй СКВ-катализатор → КПА

в качестве альтернативы

Двигатель → NH<sub>3</sub> (<220°C) → ccDOC → ccSCR/DPF → Мочевина (>200°C) →

основной СКВ-катализатор → КПА

Как уже упоминалось, катализаторы, которые могут применяться в изобретении, известны в уровне техники и не входят в объем изобретения.

Предпочтительно первый встроенный в фильтр СКВ-катализатор для применения в способе и системе согласно изобретению основан на термоустойчивых промотированных медью и/или железом цеолитах или соединениях алюмофосфатов кремния.

Второй СКВ-катализатор для применения в способе и системе согласно изобретению предпочтительно выбран из промотированных ванадий-титаном, медью и/или железом цеолитов, промотированных медью и/или железом алюмофосфатов кремния, при необходимости, в сочетании с оксидами церия, с оксидами циркония и алюминия.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ удаления вредных соединений из выхлопного газа двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия, работающего на обедненной топливной смеси, включающий последовательно следующие этапы:

контактирование выхлопного газа с катализатором, проявляющим активность при окислении летучих органических соединений и монооксида углерода до диоксида углерода и воды, а также оксида азота до диоксида азота;

пропускание обработанного таким образом выхлопного газа через сажевый фильтр, подверженный катализу первым СКВ-катализатором для селективного восстановления оксидов азота;

пропускание выходящего из фильтра выхлопного газа через второй СКВ-катализатор для селективного восстановления оксидов азота, причем восстанавливающий агент - аммиак вводят в выхлопной газ выше по течению относительно подверженного катализу сажевого фильтра во время фазы запуска двигателя из холодного состояния, когда температура газа составляет ниже или около 220°C, и причем введение аммиака прекращают, а в качестве прекурсора восстанавливающего агента - аммиака в газ между первым и вторым СКВ-катализатором вводят мочевины, когда газ достигает температуры около 200°C.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что восстанавливающий агент - аммиак вводят в выхлопной газ перед контактом с катализатором окисления.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что восстанавливающий агент - аммиак вводят в выхлопной газ между катализатором окисления и СКВ-катализируемым сажевым фильтром.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что восстанавливающий агент - аммиак высвобождают из твердого материала для его хранения перед введением в выхлопной газ.

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что выхлопной газ дополнительно пропускают через катализатор окисления аммиака ниже по течению относительно второго СКВ-катализатора.

6. Система удаления вредных соединений из выхлопного газа двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия, работающего на обедненной топливной смеси, для применения согласно способу по п.1, содержащая последовательно располагаемые внутри канала выхлопного газа двигателя

блок катализатора окисления для окисления летучих органических соединений и монооксида углерода до диоксида углерода и воды, а также оксида азота до диоксида азота;

сажевый фильтр, содержащий первый катализатор для селективного восстановления оксидов азота;

блок второго катализатора для селективного восстановления оксидов азота;

расположенное выше по течению относительно сажевого фильтра устройство для введения аммиака в канал выхлопного газа двигателя;

расположенное между сажевым фильтром и вторым катализатором для селективного восстановления оксидов азота устройство для введения мочевины в канал выхлопного газа двигателя.

7. Система по п.6, отличающаяся тем, что устройство для введения аммиака расположено между двигателем и блоком катализатора окисления.

8. Система по п.6 или 7, отличающаяся тем, что устройство для введения аммиака соединено с контейнером, содержащим твердый материал для хранения аммиака.

9. Система по любому из пп.6-8, отличающаяся тем, что блок катализатора окисления и сажевый фильтр, содержащий первый катализатор для селективного восстановления оксидов азота, расположены в позиции рядом с двигателем.

10. Система по любому из предшествующих пунктов, которая дополнительно оснащена блоком катализатора для селективного окисления аммиака до азота ниже по течению относительно блока второго катализатора для селективного восстановления оксидов азота.

