



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

B01D 53/92 (2006.01)

B01J 37/02 (2006.01)

B01J 35/10 (2006.01)

B01J 29/72 (2006.01)

B01D 53/94 (2006.01)

F01N 3/10 (2006.01)

F01N 3/28 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B01D 53/92 (2021.02); B01J 37/02 (2021.02); B01J 35/10 (2021.02); B01J 29/72 (2021.02); B01D 53/94 (2021.02); F01N 3/10 (2021.02); F01N 3/28 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2018139516, 10.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.04.2017

Дата регистрации:
08.04.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
11.04.2016 GB 1606133.5

(43) Дата публикации заявки: 13.05.2020 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 08.04.2021 Бюл. № 10

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 12.11.2018

(86) Заявка РСТ:
GB 2017/050990 (10.04.2017)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2017/178801 (19.10.2017)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

БЕРНАРДИНИ Сесилия (GB),
КЭМПБЕЛЛ Томас (GB),
ЧЭНДЛЕР Гай Ричард (GB),
ДЭЛИ Кристофер (GB),
ХАРДСТОУН Катарин (GB),
ХОТЧКИСС Томас (GB),
ТОМПСЕТТ Дэвид (GB)

(73) Патентообладатель(и):

ДЖОНСОН МЭТТИ ПАБЛИК
ЛИМИТЕД КОМПАНИ (GB)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2014044626 A1, 13.02.2014. KR
20140011508 A, 29.01.2014. KR 20140019895,
18.02.2014. WO 2011/080525 A1, 07.07.2011. WO
9524270, 14.09.1995. RU 2011104476 A, 20.08.2012.

(54) СПОСОБ ПОКРЫТИЯ ПОДЛОЖКИ СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ЧАСТИЦАМИ ПЕНОЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу нанесения на подложку покрытия. Способ нанесения на подложку покрытия из пены включает (а) введение пены в подложку, включающую множество каналов, через открытые концы каналов на первом конце подложки, (b) создание вакуума у открытых концов каналов на втором конце подложки, причем посредством вакуума втягивают пену в подложку через открытые концы каналов у первого конца, (с) высушивание и/или кальцинирование подложки, содержащей

стабилизированную частицами пену, для получения слоя твердой пены, размещенного на подложке или нанесенного на нее как на носитель, причем подложка выполнена из материала, содержащего по меньшей мере одно из карбида кремния и кордиерита, причем подложка представляет собой ячеистую монолитную подложку, имеющую множество каналов, проходящих продольно вдоль длины подложки, причем пена включает дисперсный материал, и причем пена стабилизирована частицами.

Технический результат – обеспечение и достижение определенных преимуществ в преодолении недостатков применения покрытия из пористого оксида в традиционных способах нанесения покрытий для изготовления устройств

для регулирования выбросов, обеспечение превосходного контроля дозирования покрытия малой толщины, что позволяет нанесение равномерных покровных слоев. 4 н. и 28 з.п. ф-лы, 7 пр., 3 табл., 12 ил.

RU 2 7 4 6 1 6 0 C 2

RU 2 7 4 6 1 6 0 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

B01D 53/92 (2006.01)*B01J 37/02* (2006.01)*B01J 35/10* (2006.01)*B01J 29/72* (2006.01)*B01D 53/94* (2006.01)*F01N 3/10* (2006.01)*F01N 3/28* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B01D 53/92 (2021.02); *B01J 37/02* (2021.02); *B01J 35/10* (2021.02); *B01J 29/72* (2021.02); *B01D 53/94* (2021.02); *F01N 3/10* (2021.02); *F01N 3/28* (2021.02)

(21)(22) Application: **2018139516, 10.04.2017**

(24) Effective date for property rights:
10.04.2017

Registration date:
08.04.2021

Priority:

(30) Convention priority:
11.04.2016 GB 1606133.5

(43) Application published: **13.05.2020 Bull. № 14**(45) Date of publication: **08.04.2021 Bull. № 10**(85) Commencement of national phase: **12.11.2018**

(86) PCT application:
GB 2017/050990 (10.04.2017)

(87) PCT publication:
WO 2017/178801 (19.10.2017)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**BERNARDINI, Cecilia (GB),
CAMPBELL, Thomas (GB),
CHANDLER, Guy Richard (GB),
DALY, Christopher (GB),
HARDSTONE, Katharine (GB),
HOTCHKISS, Thomas (GB),
THOMPSETT, David (GB)**

(73) Proprietor(s):

**JOHNSON MATTHEY PUBLIC LIMITED
COMPANY (GB)**

(54) **METHOD OF COVERING A BASE WITH PARTICLE-STABILIZED FOAM**

(57) Abstract:

FIELD: coating.

SUBSTANCE: invention relates to a method of applying a coat onto a base. Method of applying a foam coating to a base includes (a) introducing foam into a base comprised of multiple channels through the open ends of the channels at the first end of the base, (b) creating a vacuum at the open ends of the channels at the second end of the base wherein the foam is pulled into the base using the vacuum through the open ends of the channels at the first end, (c) drying and/or calcining the base containing the particle-stabilized foam to form a solid foam layer located on the base or applied to it as to a carrier, wherein the base is made of

a material comprising at least one of silicon carbide and cordierite, wherein the base is a celled monolithic base with multiple channels extending longitudinally along the length of the base, wherein the foam comprises dispersed material and the foam is stabilized by particles.

EFFECT: providing and achieving certain advantages in overcoming disadvantages of using coating made of a porous oxide in traditional coating methods for manufacture of emission controlling apparatuses, providing excellent control over the dosage of low thickness coating which allows applying uniform coating layers.

R U 2 7 4 6 1 6 0 C 2

R U 2 7 4 6 1 6 0 C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Изобретение относится к способу нанесения на подложку покрытия из стабилизированной частицами пены. Покрытая подложка предназначена для применения в устройстве для регулирования выбросов для обработки или удаления загрязнителей из выхлопного газа, создаваемого двигателем внутреннего сгорания. Кроме того, изобретение относится к устройству для регулирования выбросов, включающему подложку и слой твердой пены, и к применению устройства для регулирования выбросов.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Устройства для регулирования выбросов (например, катализаторы, такие как трехмаршрутные катализаторы или дизельные окислительные катализаторы) для обработки выхлопного газа из двигателя внутреннего сгорания, как для мобильных, так и для стационарных вариантов применения, типично включают подложку (например, ячеистую монолитную подложку), покрытую жидкостью, которая включает каталитический компонент. Проблемы могут возникать во время процесса нанесения покрытия, который может зависеть от свойств подложки, которая должна быть покрыта (например, размер каналов, материал, из которого изготовлена подложка, и ее пористость), и свойств (например, реологии) жидкости, которая используется для формирования покрытия. Для разрешения этих проблем изготовителями устройств для регулирования выбросов были разработаны разнообразные способы и устройства.

Патентный документ WO 2007/068127 A1 описывает способ получения влажных пен, проявляющих долговременную стабильность, в которых частично лиофобизированные коллоидные частицы используются для стабилизации газо-жидкостной поверхности раздела пены. В одном аспекте частицы являются частично лиофобизированными *in-situ* обработкой первоначально гидрофильных частиц амфифильными молекулами с заданной растворимостью в жидкостной фазе суспензии. Однако патентный документ WO 2007/068127 A1 не раскрывает или не описывает любые варианты нанесения покрытия.

В «новом способе нанесения покрытия из стабилизированной частицами оксида алюминия пены на пористую подложку из оксида алюминия», Materials Letters, том 88, стр. 40-42, 2012, авторы На и др. раскрыли способ нанесения покрытия из стабилизированной частицами оксида алюминия пены на пористую подложку из оксида алюминия без применения внешней силы для нанесения пены. Был применен способ нанесения покрытия погружением, который основывается на капиллярных силах для распределения пены по пористой подложке из оксида алюминия.

Был описан синтез открытоячеистой стабилизированной частицами Al_2O_3 пены с использованием частиц $\text{Al}(\text{OH})_3$, смотри Scripta Materialia, том 76, стр. 85-88, 2014.

Полученная жидкая пена была сформована с использованием форм PerspexTM перед контролируемым высушиванием. Не прилагались никакие внешние усилия.

Патентный документ DE 102007002903 A1 описывает способ нанесения каталитического покрытия из пористого оксида на подложку. Композиция покрытия из пористого оксида либо газифируется, либо не газифируется перед нанесением. Для достижения желательного содержания газа воздушные пузырьки стабилизируются или дестабилизируются добавлением конкретных добавок (поверхностно-активных веществ/ пеногасителей).

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Авторы настоящего изобретения неожиданно обнаружили, что покрытие подложки

стабилизированной частицами пеной может обеспечивать достижение определенных преимуществ в преодолении недостатков применения покрытия из пористого оксида в традиционных способах нанесения покрытий для изготовления устройств для регулирования выбросов. Применение стабилизированной частицами пены в таких способах обеспечивает превосходный контроль дозирования покрытия малой толщины, и на подложку могут быть нанесены равномерные покровные слои. Также можно избежать использования высоких уровней дозирования материала покрытия из пористого оксида.

Изобретение относится к способу нанесения на подложку покрытия из пены. Способ включает:

(a) введение пены в подложку, включающую множество каналов, через открытые концы каналов на первом конце подложки; и

(b) необязательно, создание (i) вакуума у открытых концов каналов на втором конце подложки, и/или (ii) давления у открытых концов каналов на первом конце подложки;

причем пена включает дисперсный материал, и причем пена стабилизирована частицами.

Изобретение позволяет изготавливать покрытую подложку, имеющую пористый слой твердой пены. Такая покрытая подложка может иметь одно или многие преимущества сравнительно с покрытой подложкой, покрытие на которую нанесено стандартным способом нанесения покрытия из пористого оксида. Покрытая подложка может быть использована в качестве устройства для регулирования выбросов или составлять часть его.

Устройство для регулирования выбросов, имеющее размещенный на подложке пористый слой твердой пены, может проявлять уменьшенное противодействие в выхлопной системе, по сравнению с идентично выполненным устройством для регулирования выбросов, которое было изготовлено с использованием покрытия из пористого оксида. Снижение противодействия является особенно полезным в устройствах для регулирования выбросов, которые включают фильтрующую подложку, такую как фильтрующая ячеистая монолитная подложка. Открытая ячеистая структура слоя твердой пены может обеспечивать легкий проход выхлопного газа через слой, и поры могут содействовать улавливанию сажи.

Пористый слой твердой пены обычно имеет высокую удельную площадь поверхности по сравнению со слоями, имеющими такой же состав, которые были изготовлены традиционным способом нанесения покрытия из пористого оксида. Высокая удельная площадь поверхности может приводить к улучшению активности устройства для регулирования выбросов.

Пористый слой твердой пены имеет шероховатую поверхность, которая может обеспечивать превосходный контакт между компонентами слоя твердой пены (например, каталитическим материалом) и любой сажой, захваченной из выхлопного газа слоем твердой пены. Шероховатость поверхности может стимулировать окисление сажи, так, когда в качестве окислителей используются NO_2 или O_2 .

Кроме того, изобретение представляет слой твердой пены. Слой твердой пены получается или может быть получен способом согласно изобретению.

Кроме того, изобретение представляет устройство для регулирования выбросов для обработки или удаления загрязнителей из выхлопного газа, образованного двигателем внутреннего сгорания. Устройство для регулирования выбросов включает слой твердой пены, размещенный на подложке или нанесенный на нее как на носитель, который получается или может быть получен способом нанесения на подложку покрытия из

пены согласно изобретению. Дополнительно или альтернативно, устройство для регулирования выбросов включает подложку и слой твердой пены, имеющий открытаячеистую структуру, причем слой твердой пены размещается на подложке или наносится на нее как на носитель. Подложка обычно включает множество каналов.

5 Изобретение также относится к выхлопной системе для обработки или удаления загрязнителей из выхлопного газа, образованного двигателем внутреннего сгорания. Выхлопная система включает устройство для регулирования выбросов согласно изобретению.

Дополнительные аспекты изобретения относятся к способам и вариантам применения
10 устройства для регулирования выбросов.

Первый методический аспект изобретения представляет способ обработки или удаления загрязнителей из выхлопного газа, образованного двигателем внутреннего сгорания. Способ включает стадию пропускания образованного двигателем внутреннего сгорания выхлопного газа через устройство для регулирования выбросов в соответствии
15 с изобретением. Способ также может представлять собой способ предотвращения повышения противодавления внутри выхлопной системы двигателя внутреннего сгорания.

Первый аспект изобретения в отношении применения относится к применению устройства для регулирования выбросов в выхлопной системе двигателя внутреннего сгорания для предотвращения повышения противодавления внутри выхлопной системы.
20

В первых аспектах изобретения относительно способа и применения подложка (то есть, устройства для регулирования выбросов, включающего слой твердой пены) представляет собой фильтрующую подложку, такую как фильтрующая ячеистая монолитная подложка.

Противодавление является критически важной характеристикой автомобильных катализаторов. Повышение противодавления может заставлять двигатель выполнять дополнительную механическую работу, и/или может приводить к меньшей энергии, отводимой при использовании турбины, действующей на выхлопных газах. Это может иметь результатом повышение расхода топлива, выбросов твердых частиц и CO, и
30 более высокие температуры выхлопа. Поскольку стандарты выбросов, то есть, количеств загрязнителей, допустимых для выпуска транспортным средством, например, Euro 5 и Euro 6, становятся все более жесткими, они также предусматривают законодательные требования для встроенного контроля в процессе эксплуатации (OBD) продолжающейся эффективности действия катализатора. Требования OBD, в частности, имеют отношение
35 к каталитическим фильтрам, поскольку изготовители транспортных средств обычно предусматривают периодическое активное удаление дисперсного материала, удерживаемого на фильтре, в своем проектировании транспортных средств, чтобы поддерживать эффективную работоспособность двигателя, в котором температуры выхлопного газа повышаются с использованием, например, управления работой
40 двигателя впрыском топлива, и/или топливо впрыскивается в выхлопной газ ниже по потоку относительно двигателя и сгорает на надлежащем катализаторе. Поскольку изготовители транспортных средств нуждаются в каталитических продуктах, способных быть стойкими на всем протяжении срока службы (транспортного средства), изготовители каталитических фильтров пытаются противодействовать дезактивации
45 катализатора с течением времени введением в фильтр с самого начала настолько большого количества катализатора, насколько возможно.

Противодавление выхлопа двигателя может вызывать ряд проблем в современных двигателях, в особенности в дизельных двигателях, оснащенных сложными системами

последующей обработки, и особенно с дизельными сажевыми фильтрами (DPF). Основным источником повышенного противодавления происходит из накопления сажи на дизельных сажевых фильтрах. Если дизельные сажевые фильтры не регенерируются на регулярной основе, будет происходить повышение противодавления, обуславливая

Озабоченность проблемами, связанными с повышенным противодавлением, также влияет на конструкцию устройства для регулирования выбросов, где требуется принимать в расчет введение покрытия из пористого оксида для возможных влияний на противодавление. Увеличенное нанесение покрытия из пористого оксида может

влиять на течение выхлопного газа через стенки фильтра созданием повышенного сопротивления, прежде чем выхлопной газ достигнет стенки. В дополнение, покрытие из пористого оксида может быть размещено в порах фильтра, дополнительно сокращая поток выхлопного газа. Накопление сажи внутри стенок фильтра между циклами регенерации также оказывает наибольшее влияние на повышение противодавления.

Второй методический аспект изобретения представляет собой способ улавливания улетучившейся платины (Pt) из выхлопного газа. Способ включает стадию контактирования выхлопного газа с каталитическим материалом, содержащим платину (Pt), и затем контактирование выхлопного газа со слоем твердой пены для захватывания или поглощения улетучившейся платины (Pt).

Второй аспект изобретения в отношении применения относится к применению слоя твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt) в выхлопной системе для обработки выхлопного газа, образованного двигателем внутреннего сгорания. Как правило, выхлопная система включает содержащий платину (Pt) каталитический материал, и в которой слой твердой пены размещается для контакта выхлопного газа

после контактирования выхлопного газа с содержащим платину (Pt) каталитическим материалом или прохождения через него.

Когда содержащий платину (Pt) каталитический материал в выхлопной системе подвергается воздействию относительно высоких температур в течение достаточно длительного периода времени, из каталитического материала могут улетучиваться

небольшие количества платины (Pt). Эта улетучившаяся платина (Pt) может становиться захваченной находящимся ниже по потоку катализатором селективного каталитического восстановления (SCR) или катализатором фильтра селективного каталитического восстановления (SCRTM). Такие относительно высокие температуры могут возникать во время нормального эксплуатационного режима, особенно в вариантах применения

дизельных двигателей с тяжелым режимом работы, или во время регенерации сажевого фильтра. Pt, захваченная SCR-катализатором или SCRTM-катализатором, может оказывать весьма вредное влияние на работоспособность катализатора, поскольку она может окислять аммиак (NH₃). Захваченная Pt может расходовать NH₃, который

предназначается для селективного каталитического восстановления NO_x (тем самым сокращая преобразование NO_x), и могут образовываться нежелательные вторичные выбросы. Проблема улетучивания Pt обсуждается в патентных документах WO 2013/088133, WO 2013/088132, WO 2013/088128 и WO 2013/050784.

Любая ссылка на «слой твердой пены» в приведенных выше относящихся к способу или применению аспектах изобретения в общем подразумевает слой твердой пены, как полученный или получаемый способом согласно изобретению для нанесения на подложку покрытия из пены.

Во вторых аспектах изобретения относительно способа и применения выхлопной

газ может содержать улетучившуюся платину (Pt), когда включающий платину (Pt) каталитический материал был подвергнут воздействию температуры $\geq 700^{\circ}\text{C}$.

Как правило, улетучившаяся платина может присутствовать в выхлопном газе (то есть, в выхлопной системе), когда температура выхлопного газа составляет $\geq 700^{\circ}\text{C}$, такая как $\geq 800^{\circ}\text{C}$, предпочтительно $\geq 900^{\circ}\text{C}$.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

ФИГ. 1a показывает полученное в оптическом микроскопе изображение свежей пены образца I в ПРИМЕРЕ 2 (при 5-кратном увеличении и масштабной отметкой 0,20 мм); и **ФИГ. 1b** показывает полученное в оптическом микроскопе изображение свежей пены образца I в ПРИМЕРЕ 2 (при 5-кратном увеличении и масштабной отметкой 0,25 мм);

ФИГ. 2 показывает полученные в сканирующем электронном микроскопе (SEM) изображения ПРИМЕРА 3.

ФИГ. 3 показывает изображение покрытия из суспензии в ПРИМЕРЕ 4a на одном сегменте подложки после того, как она была разрезана в продольном направлении.

ФИГ. 4 показывает SEM-изображения покрытого фильтра в ПРИМЕРЕ 4a, причем **4a** показывает поверхность покрытия, и **4b** показывает его в разрезе.

ФИГ. 5 показывает SEM-изображения покрытого фильтра в ПРИМЕРЕ 4b, причем **5b** показывает поверхность покрытия, и **5a** и **5c** показывают его в разрезе.

ФИГ. 6 показывает SEM-изображения покрытого фильтра в ПРИМЕРЕ 4c, причем **6a** показывает поверхность покрытия, и **6b** показывают его в разрезе.

ФИГ. 7 показывает полученное в оптическом микроскопе изображение покрытого фильтра в ПРИМЕРЕ 5a.

ФИГ. 8 показывает полученное в оптическом микроскопе изображение покрытого катализатора в ПРИМЕРЕ 5b.

ФИГ. 9 показывает полученное в микроскопе изображение вспененной области улавливания улетучившейся Pt, введенной на DOC-композицию (дизельного катализатора окисления) ПРИМЕРА 7, с видом, ориентированным перпендикулярно каналам подложки: **ФИГ. 9a** показывает вспененное покрытие; **ФИГ. 9b** показывает стандартное покрытие, которое не является вспененным.

ФИГ. 10 показывает SEM-изображения срезов выпускной зоны монолитов, показанных в **ФИГ. 9**, с видом, ориентированным параллельно каналам подложки. **ФИГ. 10a** показывает вспененное покрытие; **ФИГ. 10b** показывает стандартное не вспененное покрытие.

ФИГ. 11 показывает схему, показывающую активность в конверсии NO_x SCR-керна, состаренных вслед за DOC-кернами, с вспененной областью улавливания улетучившейся Pt и без нее, когда на SCR проводится первое модельное испытание каталитической активности (SCAT). Показано, что SCR-кern, состаренный после ПРИМЕРА 7 (с покрытием из пены в качестве контрмеры), сохраняет более высокую активность в отношении конверсии NO_x , чем SCR-кern, состаренный после ПРИМЕРА 7, который не имел покрытия из пены.

ФИГ. 12 показывает рентгеновское изображение покрытого монолита из ПРИМЕРА 7, включающего DOC-покрытие ПРИМЕРА 6 с вспененной областью улавливания улетучившейся Pt. В этой фигуре выпускной канал находится на верху изображения, с коротким (6-10 мм) вспененным покрытием, видимым как темная полоса непосредственно на выпускном канале.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение представляет способ нанесения на подложку покрытия из пены. Пена стабилизирована частицами (будучи называемой здесь как «стабилизированная

частицами пена»).

Способ включает стадию (а) введения пены в подложку (например, подложку, включающую множество каналов) через открытые концы каналов на первом конце подложки. Эта стадия представляет собой стадию нанесения пены внутрь подложки и на стенки каналов. Способы введения жидкости в подложку, описанные в любом из патентных документов WO 99/47260 A1, WO 2011/080525 A1, WO 2014/195685 A1 и WO 2015/145122 (все из которых включены здесь ссылкой), могут быть использованы для введения пены в подложку. В этих способах вместо жидкости (например, композиции покрытия из пористого оксида) должна применяться пена.

Стадия (а) введения пены в подложку через открытые концы каналов на первом конце подложки может включать стадии: (i) размещения вмещающего средства поверх первого конца подложки, (ii) дозирования пены, предпочтительно предварительно заданного количества пены, во вмещающее средство, и (iii) создания [1] вакуума у открытых концов каналов на втором конце подложки (то есть, втягивания пены в подложку через открытые концы каналов у первого конца), и/или [2] давления у открытых концов каналов на первом конце подложки (то есть, для вдавливания или вдувания пены в подложку через открытые концы каналов у первого конца). Первый конец подложки представляет собой верхний конец подложки, и второй конец подложки представляет собой нижний конец подложки. Когда стадия (а) включает дозирование пены во вмещающее средство на верху первого конца подложки, тогда способ может включать, или может не включать, предпочтительно не включать, дополнительную стадию (b) создания (i) вакуума у открытых концов каналов на втором конце подложки, и/или (ii) давления у открытых концов каналов на первом конце подложки.

В альтернативном варианте, стадия (а) введения пены в подложку через открытые концы каналов на первом конце подложки может включать стадии (i) удерживания подложки по существу вертикально, и (ii) вдавливания или нагнетания пены, предпочтительно в предварительно заданном количестве пены, в подложку (например, через открытые концы каналов на первом конце). Обычно первый конец подложки представляет собой нижний конец подложки (и второй конец подложки представляет собой верхний конец подложки).

Как правило, предпочтительно, чтобы пена вводилась против силы тяжести в подложку через открытые концы каналов у нижнего (то есть, первого) конца подложки, то есть, вдавливанием или нагнетанием пены в подложку.

Пена может быть введена в подложку поэтапно или в непрерывном режиме (например, без перерывов). Предпочтительно, чтобы пена вводилась в подложку непрерывно, обычно, пока подложка не будет покрыта порцией (то есть, единственной дозой) пены.

Как правило, стадия (а) включает введение пены в предварительно заданном количестве.

Термин «предварительно заданное количество», как используемый здесь, подразумевает общее количество пены для введения в подложку, которое достаточно для получения заданной характеристики продукта, такой как желательная техническая характеристика покрытия. Количество является «предварительно заданным» в том смысле, что оно определяется проводимыми отдельно стандартными экспериментами, чтобы выяснить общее количество пены, которое потребуется на достижения желательных характеристик продукта. Такие предварительно заданные количества могут быть легко определены, и могут быть известны в технологии по применению других способов или устройств для нанесения покрытий на подложки (например, смотри

патентные документы WO 99/47260, WO 2011/080525, WO 2014/19568 и WO 2015/145122).

Предварительно заданное количество может быть в диапазоне 1-300 граммов.

Предварительно заданное количество может быть предварительно заданным объемом и/или предварительно заданной массой пены. Предварительно заданный объем может
5 быть достигнут применением предварительно заданной массы с известной плотностью. Обычно предварительно заданный объем основывается на объеме покрываемой подложки.

Предварительно заданное количество может составлять не более 500 мл.

Предварительно заданное количество может составлять 150 мл или менее, 100 мл или
10 менее, 75 мл или менее, или 50 мл или менее.

Предварительно заданный объем может составлять 1-200% объема покрываемых каналов, такой как 1-150%, предпочтительно 1-100% (например, 1-80%) объема покрываемых каналов.

Предварительно заданное количество обычно представляет собой разовую порцию
15 пены.

Термин «разовая порция», как применяемый здесь, подразумевает количество пены для нанесения покрытия на единственную подложку, обычно для соответствия желательной технической характеристике продукта.

Когда стадия (a) включает стадию (ii) вдавливания или нагнетания пены в подложку,
20 тогда это может быть (ii) вдавливанием или нагнетанием пены, предпочтительно предварительно заданного количества пены, с использованием поршня. Поршень может быть размещен внутри корпуса. Предпочтительно, чтобы поршень представлял собой поршень возвратно-поступательного хода внутри корпуса. Предпочтительно, чтобы корпус имел нагнетательную камеру.

Может быть затруднительным регулировать нанесение покрытия из пористого
25 оксида до толщин короткого покрытия на подложке с использованием обычных способов, поскольку в некоторый момент процесса предварительно отмеренная порция композиции покрытия из пористого оксида должна быть распределена для покрытия лицевой поверхности подложки. Это распределение может быть сделано поверх лицевой
30 поверхности подложки или поверх еще одной поверхности. Таким образом, чем меньше объем порции, тем более трудным является достижение этого распределения.

Более конкретно, может быть затруднительным нанесение на подложки современными способами покрытия из композиции покрытия из пористого оксида с
35 точной подачей относительно малых количеств композиции покрытия из пористого оксида до заданной толщины покрытия, в особенности с любой точностью. Это в особенности справедливо, когда композиция покрытия из пористого оксида частично наносится в виде верхнего слоя поверх нижнего слоя, и верхний слой предназначается для перекрывания только малого участка нижнего слоя. Это особенно представляет собой ситуацию, когда верхний слой предполагается быть относительно тонким
40 покрытием поверх нижнего слоя. Когда верхний слой размещается поверх нижнего слоя, толщина верхнего слоя может быть важной и даже решающей для получения желательных степеней конверсии в системе, когда решающим фактором является диффузия выхлопного газа через верхний слой. Например, в катализаторе для предотвращения проскока аммиака слой, включающий катализатор окисления аммиака,
45 может находиться над или под слоем, содержащим SCR-катализатор. Толщина покрытия из слоя для окисления аммиака может более точно регулироваться с использованием описываемого слоя покрытия из пены.

Поэтому устройство для регулирования выбросов согласно изобретению и способ

изготовления могут обеспечить улучшения в последовательном проходе газов в различные зоны и сквозь них в устройстве для регулирования выбросов, содержащем различные каталитические материалы, или различные количества каталитических материалов, когда катализаторы или каталитические материалы присутствуют в последовательной или зонированной конфигурации.

Пена может быть введена и нанесена в виде покрытия на стенки каналов для создания предварительно заданной длины слоя твердой пены. Предварительно заданная длина может составлять от 0,1-100%, быть такой, как 0,2-100% (например, 1-100%) длины канала. Может быть предпочтительным, чтобы предварительно заданная длина составляла от 0,1-60% (например, 0,1-50%) длины канала, быть такой, как от 0,1-20% длины канала, в частности, от 0,5 до 15% длины канала, более предпочтительно от 1 до 10% длины канала. Во избежание неопределенности, предварительно заданная длина подразумевает длину слоя твердой пены после высушивания и/или кальцинирования. Возможно, что длина стабилизированной частицами пены, первоначально нанесенной в виде покрытия на подложку, может быть более длинной, более короткой или такой же длиной, как предварительно заданная длина слоя твердой пены.

Предварительно заданная длина может быть не более 100 мм. Может быть предпочтительным, что предварительно заданная длина составляет не более 80 мм, не более 70 мм, не более 50 мм (например, 30 мм или менее), не более 25 мм, не более 20 мм, не более 15 мм (например, 12 мм или менее), не более 10 мм (например, 8 мм или менее), или не более 5 мм. Предварительно заданная длина будет зависеть от длины подложки, и может быть ограничена ею.

Как правило, покрытие из пены может быть нанесено на стенки каналов для создания равномерной предварительно заданной длины. Выражение «равномерная предварительно заданная длина» подразумевает разность между длиной каждого слоя твердой пены на стенках каналов в 20 мм или менее, типично 5 мм или менее (например, 2 мм или менее), предпочтительно 1,5 мм или менее, более предпочтительно 1 мм или менее, в особенности 0,8 мм или менее.

В способе согласно изобретению подложка может быть покрытой подложкой или непокрытой подложкой (например, перед стадией (а) введения пены в подложку). Когда подложка представляет собой покрытую подложку, тогда пена может быть введена в покрытую подложку и на покрытие подложки. Как правило, предпочтительно, чтобы подложка представляла собой непокрытую подложку (то есть, перед введением пены).

Способ согласно изобретению может включать стадию (b) создания (i) вакуума у открытых концов каналов на втором конце подложки, и/или (ii) давления у открытых концов каналов на первом конце подложки.

В первом варианте исполнения стадия (b) может включать создание вакуума у открытых концов каналов на втором конце подложки во время стадии (а) или после стадии (а). Предпочтительно, чтобы подложка не переворачивалась перед созданием вакуума (то есть, во время или после стадии (а)).

Во втором варианте исполнения стадия (b) может включать (i) герметичное удерживание введенной пены внутри подложки; (ii) переворачивание подложки, содержащей удерживаемую пену; и (iii) создание вакуума у открытых концов каналов у второго конца подложки. Во втором варианте исполнения стадия (b) выполняется после стадии (а). Обычно первый конец подложки представляет собой нижний конец подложки, и второй конец подложки представляет собой верхний конец подложки. После переворачивания второй конец подложки будет ниже, чем первый конец подложки.

Как правило, способ согласно изобретению может дополнительно включать стадию (с) высушивания и/или кальцинирования подложки, содержащей стабилизированную частицами пену (то есть, для получения слоя твердой пены, размещенного на подложке или нанесенного на нее как на носитель). Стадия (с) проводится после стадии (а) или

5 после стадий (а) и (b).

Подложка может быть высушена при температуре от 75 до 150°C, такой как от 80 до 150°C, предпочтительно от 85 до 125°C (например, в течение времени от 5 до 60 минут, в частности, в течение времени от 10 до 30 минут). Стадия сушки может быть выполнена для закрепления пены на подложке.

10 Подложка может быть подвергнута кальцинированию при температуре вплоть до 750°C, такой как от 150 до 750°C (например, большей, чем 150°C и до 750°C), такой как от 300 до 600°C, более предпочтительно от 400 до 550°C.

Способ согласно изобретению может дополнительно включать стадию (d) повторения (а) и (с), или повторения (а), (b) и (с), со второй стабилизированной частицами пеной, включающей второй дисперсный материал. Вторая стабилизированная частицами пена может быть такой же, как первая стабилизированная частицами пена, или отличаться от нее. Различие может основываться на составе пены, величине порции пены, содержании твердого вещества в пене, и/или на вязкости пены. Нанесение покрытий может выполняться в различных местах, с использованием различных количеств и/или

20 различных длин покрытий. Например, нанесение второго покрытия из пены или любого дополнительного покрытия после этого может начинаться от тех же или других открытых концов каналов, как предыдущее нанесение покрытия из пены.

Способ согласно изобретению включает стадию введения стабилизированной частицами пены в подложку. Любая ссылка на «стабилизированную частицами пену», как применяемую здесь, в общем подразумевает влажную стабилизированную пену, если не оговаривается иное. Термин «стабилизированная частицами пена» является общеизвестным в технологии, и может иметь отношение к пене Пикеринга. Стабилизированная частицами пена коренным образом отличается от стабилизированной поверхностно-активным веществом пены.

30 Стабилизированная частицами пена может быть получена способом прямого вспенивания. Способ прямого вспенивания включает стадии (i) приготовления суспензии дисперсного материала в водной среде (например, жидкости, такой как вода), и (ii) вспенивания суспензии, такого как введение газа в суспензию для формирования стабилизированной частицами пены. Нагреванием для удаления жидкости может быть

35 получен твердый вспененный материал.

Когда дисперсный материал содержит, или по существу состоит из него, керамический материал (как определяемый ниже), тогда способ согласно изобретению может дополнительно включать стадию импрегнирования слоя твердой пены раствором, предпочтительно водным раствором, включающим, или по существу состоящим из

40 него, каталитически активный металл, сорбент или их прекурсор. Эта стадия предпочтительно выполняется после (с) высушивания и/или кальцинирования подложки, содержащей стабилизированную частицами пену. Раствор обычно не содержит керамический материал, такой, как описывается ниже.

Способ может включать дополнительную стадию высушивания и/или

45 кальцинирования подложки после стадии импрегнирования слоя твердой пены раствором. Прекурсор каталитически активного металла (например, Pt, Pd, Cu или Fe) или сорбента (например, щелочноземельного металла, такого Mg, Ba или Sr) будет формировать каталитически активный металл или сорбент обычно после

кальцинирования.

Обычно дисперсный материал имеет медианный размер частиц (например, d_{50}) от 1 нм до 50 мкм (например, от 20 нм до 50 мкм), предпочтительно 2 нм-20 мкм (например, от 20 нм до 20 мкм), такой как 2 нм-10 мкм (например, от 20 нм до 10 мкм), более предпочтительно 2 нм-7 мкм (например, от 20 нм до 7 мкм). Величина d_{50} может быть измерена способом рассеяния света с использованием анализатора Malvern Mastersizer 2000.

Дисперсный материал предпочтительно может иметь медианный размер частиц от 1 мкм до 10 мкм, предпочтительно от 2 мкм до 7 мкм.

Как правило, дисперсный материал имеет размер d_{90} частиц от 1 нм до 50 мкм (например, от 20 нм до 50 мкм, предпочтительно от 10 мкм до 20 мкм), предпочтительно 2 нм-18 мкм (например, от 20 нм до 18 мкм, предпочтительно от 15 мкм до 18 мкм). Размер d_{90} частиц является бóльшим, чем размер d_{50} частиц. Величина d_{90} может быть измерена способом рассеяния света с использованием анализатора Malvern Mastersizer 2000.

Может быть предпочтительным, в особенности, когда устройство для регулирования выбросов включает слой твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt), что дисперсный материал имеет размер d_{90} частиц от 10 мкм до 20 мкм, предпочтительно от 15 мкм до 18 мкм.

Суспензия дисперсного материала, в частности, когда дисперсный материал имеет более крупный медианный размер частиц, может быть размолота до достижения желательного медианного размера частиц. Хорошие пены могут быть получены с узкими или широкими распределениями частиц по размеру.

Могут быть использованы дисперсные материалы, которые были подвергнуты предварительной обработке модификатором поверхности, в том числе дисперсные материалы, которые были предварительно обработаны амфифильным веществом.

В вышеуказанном способе прямого вспенивания стадия (i) может включать получение суспензии дисперсного материала в водной среде (например, жидкости), содержащей амфифильное вещество.

Амфифильное вещество представляет собой соединение, включающее хвостовую часть, соединенную с концевой группой. Хвостовая часть обычно описывается как неполярная, и может быть алифатической (линейной алкильной или циклоалкильной) или ароматической (фенильной или нафтильной), и может нести один или многие заместители. Такие заместители могут представлять собой алкильную группу, например, $-C_nH_{2n+1}$ с $n < 8$, арильную группу (такую как фенил или замещенный фенил), $-OH$ или $-NH_2$. Предпочтительные хвостовые части необязательно представляют собой замещенные линейные углеродные цепи, содержащие от 2 до 8 атомов углерода.

Концевая группа, которая соединена с хвостовой частью, предпочтительно представляет собой ионную или полярную группу, и может быть выбрана из фрагментов фосфатов, фосфонатов, фосфинатов, сульфатов, карбоксилатов (то есть, $COOH$), сложных эфиров карбоновых кислот, галлатных сложных эфиров, амидов, аминов, в том числе циклических аминов, и $-OH$.

Примеры пригодных амфифильных веществ включают, но не ограничиваются ими, карбоновые кислоты, производные фенолов, такие как алкилзамещенные фенолы, сложноэфирные производные галловой кислоты (3,4,5-тригидроксibenзоаты), производные пирокатехина (например, алкилпирокатехины), амины (например, алкилзамещенные амины и катехоламины), и аминокислоты.

В особенности предпочтительными амфифильными веществами являются карбоновые C₂-C₆-кислоты и их сложные эфиры, такие как валериановая кислота, масляная кислота и пропионовая кислота, и галлатные сложные C₂-C₆-эфиры, такие как пропилгаллат.

Кроме того, авторы настоящего изобретения нашли, что особенно стабильные пены могут быть получены с использованием аминокислот, в частности, альфа-аминокислот, где аминогруппа находится у атома углерода, соседнего с карбоксильной концевой группой. Предпочтительные альфа-аминокислоты включают один или многие из валина, изолейцина, лейцина, фенилаланина и триптофана. Может быть использован метионин, где может быть допустимым присутствие серы в полученной пене. Менее предпочтительные альфа-аминокислоты включают аланин и тирозин. В особенности предпочтительные альфа-аминокислотные амфифильные вещества включают один или многие из лейцина, изолейцина и фенилаланина. В каждом случае могут быть использованы D-, L- или DL-формы. Особенно пригодной аминокислотой является фенилаланин. Может быть использован DL-фенилаланин.

Перед введением амфифильного вещества может быть отрегулировано значение pH суспензии, хотя это может быть необязательным. Например, значение pH может быть скорректировано до величины pH, при которой поверхностный заряд дисперсного материала является достаточно высоким для электростатической стабилизации, или при которой повышается растворимость амфифильного вещества.

В зависимости от заряда покрываемой поверхности, может быть выбрана либо отрицательно заряженная, либо положительно заряженная концевая группа. Для Al₂O₃ пригодна отрицательно заряженная концевая группа в условиях низкого значения pH, то есть, меньшем pH, чем изоэлектрическая точка, здесь pH<9, в частности, pH 4,5. Вышеупомянутые концевые группы и дополнительные подобные группы могут быть использованы для модифицирования самых многообразных керамических материалов, в частности, оксидов металлов.

Модифицирование поверхности может быть достигнуто физической или химической адсорбцией отрицательно или положительно заряженных амфифильных молекул на подходящей, предпочтительно противоположно заряженной поверхности, оставляя гидрофобный хвост в контакте с водной фазой. Для положительно заряженных частиц оксида алюминия адсорбция может быть проведена с карбоновыми кислотами в воде при pH 4,75. Изменением фиксирующей полярной концевой группы амфифильного вещества поверхность оксида алюминия также может быть модифицирована при нейтральных условиях pH с использованием, например, алкилгаллатов в качестве адсорбируемых молекул. Эти амфифильные вещества также могут быть использованы для лиофобизации поверхности многообразных других амфотерных и основных оксидов. В альтернативном варианте, поверхность кислотоподобных оксидов, таких как оксид кремния, карбид кремния и нитрид кремния, может быть лиофобизирована с использованием амфифильных веществ с содержащей аминогруппу концевой группой.

Для лиофобизации частиц in-situ амфифильное вещество может быть нанесено в количествах менее 15% по весу относительно частиц, предпочтительно в количествах <5% по весу. Минимальное количество амфифильного вещества, которое должно присутствовать, может составлять около 0,1%, предпочтительно около 1% по весу. Могут быть применены количества в диапазоне 0,02-2 ммоль/г твердых компонентов амфифильного вещества. Поскольку амфифильное вещество, кроме других ингредиентов суспензии, также влияет на вязкость пены, фактическое количество используемого модификатора выбирается в зависимости от желательной конечной вязкости.

Дисперсный материал обычно действует как стабилизатор пены.

Было найдено, что в качестве стабилизаторов пены могут быть применены дисперсные материалы с различными формами, то есть, керамические частицы могут быть сферическими, многоугольными пластинками, иглами, волокнами, стержневидными, монокристаллами, и т.д., при условии, что величина их частиц находится в пределах пригодных размеров. Сами частицы могут быть плотными, то есть, непористыми, или пористыми, или могут быть использованы смеси плотных и пористых частиц.

Обычно стабилизированная частицами пена содержит пузырьки, имеющие диаметр, предпочтительно средний диаметр, от 1 мкм до 1 мм, предпочтительно от 10 мкм до 300 мкм. Диаметр и средний диаметр пузырьков могут быть определены оптической микроскопией.

После стадии (с) способа некоторые пузырьки в стабилизированной частицами пене могут схлопываться или частично схлопываться.

Обычно после стадии (с) по меньшей мере 5%, 10%, 20%, 30%, 40% или 50% пузырьков из стабилизированной частицами пены схлопываются. Дополнительно или альтернативно, после стадии (с) схлопываются по меньшей мере 60%, 70%, 80%, 90% или 95% пузырьков из стабилизированной частицами пены.

Плотность пены обычно составляет от 0,1 до 1,2 г/мл.

Пена включает дисперсный материал. Дисперсный материал может представлять собой керамический материал, каталитический материал или сорбционный материал. Термин «сорбент» в этом контексте включает «адсорбционный» и «абсорбционный» механизмы удерживания (например, NO_x или углеводородов). Например, сорбент может представлять собой (i) щелочноземельный металл (например, Ca, Mg, Ba, Sr), или его оксид, гидроксид или карбонат, или (ii) поглощающий углеводороды абсорбент, такой как цеолит, предпочтительно цеолит, образованный ионным обменом на непереходный металл.

Стабилизированная частицами пена может быть получена с использованием суспензии порошка, включающего, или по существу состоящего из них, керамический материал, каталитический материал, сорбционный материал, или их прекурсор. Пена также может быть получена с использованием металлического порошка.

Дисперсный материал может быть керамическим материалом и/или каталитическим материалом, предпочтительно каталитическим материалом.

Керамический материал может включать, или по существу состоять из них, жаростойкий оксид, керамическое соединение (например, SiC), алюминат металла, молекулярное сито (например, цеолит), или смесь двух или более из них. Керамический материал обычно пригоден для применения в качестве материала носителя, такого как для каталитически активного металла или сорбента. Слой твердой пены, включающий керамический материал, может быть обработан каталитически активным металлом или сорбентом в последующей технологической стадии (например, в стадии импрегнирования).

Жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида магния, оксида циркония, оксида церия, оксида лантана, и смешанного или сложного оксида двух или более из них. Например, жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида титана-оксида алюминия, оксида циркония-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида титана-оксида кремния, оксида циркония-оксида

кремния, оксида циркония-оксида титана, оксида церия-оксида циркония, оксида церия-оксида циркония-оксида алюминия, и оксида алюминия-оксида магния.

Каталитический материал обычно включает каталитически активный металл, нанесенный на материал носителя. Когда материал носителя включает молекулярное сито, такой как цеолит, тогда каталитически активный металл может быть нанесенным на молекулярное сито или цеолит в виде образованного обменом на металл молекулярного сита или цеолита.

Как правило, каталитически активный металл представляет собой по меньшей мере один переходный металл, выбранный из железа, меди, никеля, золота, платины, палладия, родия и рутения.

Материал носителя обычно представляет собой жаростойкий оксид, алюминат металла или молекулярное сито (например, цеолит), как определено выше. Содержание переходного металла и благородного металла в таких катализаторах может составлять до 85% по весу, но предпочтительно в диапазоне 0,1-35% по весу.

Когда дисперсный материал включает каталитический материал, то предпочтительно содержание каталитически активного материала, предпочтительно переходного металла, составляет от 0,1 до 300 г·фут⁻³ (0,0035-10,5 г/дм³), предпочтительно от 0,5 до 300 г·фут⁻³ (0,0175-10,5 г/дм³).

Сорбционный материал обычно включает удерживающий NO_x материал или поглощающий углеводороды абсорбент. Поглощающий углеводороды абсорбент обычно представляет собой цеолит, предпочтительно образованный обменом на непереходный металл цеолит.

Как правило, удерживающий NO_x материал включает, или по существу состоит из него, удерживающий NO_x компонент, нанесенный на материал носителя. Обычно удерживающий NO_x компонент представляет собой щелочной металл (например, калий (K), натрий (Na) или литий (Li), предпочтительно калий (K)), щелочноземельный металл (например, магний (Mg), кальций (Ca), стронций (Sr), или барий (Ba), предпочтительно барий (Ba)), редкоземельный металл (например, церий (Ce), лантан (La) или иттрий (Y), предпочтительно церий (Ce)), или их оксид, карбонат или гидроксид. Материал носителя может представлять собой жаростойкий оксид, как определенный выше, или алюминат металла.

Керамический материал и/или каталитический материал может быть пригоден для применения в устройстве для регулирования выбросов, которое представляет собой трехмаршрутный катализатор (TWC), дизельный катализатор окисления (DOC), катализатор NO_x-абсорбера (NAC), катализатор для предотвращения проскока аммиака (ASC), катализатор селективного каталитического восстановления (SCR), каталитический сажевый фильтр (бензиновый или дизельный), или SCR-катализатор на фильтре (SCRFTM).

Стабилизированная частицами пена может иметь содержание твердых веществ 1-50%, 2-45%, 3-45%, 3-35%, или 5-30% по весу, более предпочтительно 10-25% по весу. Содержание твердых веществ в пене определяется как весовое соотношение между дисперсным материалом, суспендированным в жидкости, и общим весом суспензии (жидкости+твердых веществ), перед процессом вспенивания.

После выполнения стадии (с) способа согласно изобретению получается слой твердой пены, размещенный на подложке или нанесенный на нее. Изобретение также относится к устройству для регулирования выбросов, включающему слой твердой пены,

размещенный на подложке или нанесенный на нее. Слой твердой пены обычно включает дисперсный материал. Дисперсный материал может содержать каталитический материал. Слой твердой пены дополнительно описывается ниже.

Слой твердой пены может быть непосредственно размещен на подложке или нанесен на нее как на носитель (то есть, слой твердой пены находится в непосредственном контакте с поверхностью подложки), и/или слой твердой пены может быть размещен на слое, таком как слой, полученный из композиции покрытия из пористого оксида.

Когда слой твердой пены непосредственно размещен на подложке или нанесен на нее, слой твердой пены в основном локализуется на стенках каналов. Выражение «в основном локализуется на стенках каналов» означает, что <50%, предпочтительно <75% (например, <90%) слоя твердой пены сосредоточены на стенках каналов, но не в стенках каналов (то есть, внутри пор стенок каналов). Однако допускается, что небольшое количество пены может мигрировать или диффундировать в стенки.

Как правило, слой твердой пены включает открытоячеистую структуру. Термин «открытоячеистая структура», как здесь применяемый, означает, что часть объема ячеек является взаимосвязанной. Обычно более 20% объема ячеек, предпочтительно более 30%, 40% или 50% объема ячеек являются объединенными. Могут существовать открытые протоки через открытоячеистую структуру слоя твердой пены. В открытоячеистой структуре газовые пузыри соединены друг с другом.

Слой твердой пены может иметь медианный размер пор 1-100 мкм, предпочтительно 5-80 мкм.

Слой твердой пены обычно включает пузырьки или пузырьчатые структуры, имеющие распределение по размеру в диапазоне 5 мкм-500 мкм, 50 мкм-250 мкм, 50 мкм-200 мкм, или 5 мкм-140 мкм. Распределение по размеру может быть измерено с использованием SEM.

Слой твердой пены может включать частично схлопнутую структуру. По меньшей мере 5%, 10%, 20%, 30%, 40% или 50% слоя твердой пены могут иметь схлопнутую структуру. Слой твердой пены может иметь по существу схлопнутую структуру. Так, по меньшей мере 60%, 70%, 80%, 90% или 95% слоя твердой пены могут иметь схлопнутую структуру.

Обычно толщина слоя твердой пены составляет не более 500 мкм, 400 мкм, 350 мкм, 300 мкм, 200 мкм, 160 мкм, или 150 мкм.

Когда слой твердой пены включает частично схлопнутую структуру, то толщина плотного слоя (например, сдавленной части слоя твердой пены) составляет между 2 мкм-400 мкм, 5 мкм-300 мкм, 10 мкм-200 мкм, или 20 мкм-150 мкм.

Устройство для регулирования выбросов может иметь содержание покрытия из пористого оксида или величину пропитки (например, каталитически активного материала или сорбента) на подложке и/или внутри нее для каждого слоя или для комбинации двух или более слоев, которое составляет от около 0,1 г/дюйм³ до около 8 г/дюйм³ (6,1-488,2 г/дм³), более предпочтительно от около 0,5 г/дюйм³ до около 6 г/дюйм³ (30,5-366,1 г/дм³), и еще более предпочтительно от около 1 г/дюйм³ до около 4 г/дюйм³ (61-244,1 г/дм³).

Для содержания покрытия из пористого оксида или величины пропитки на подложке и/или внутри нее для каждого слоя или для комбинации двух или более слоев может быть предпочтительным значение $\geq 1,00$ г/дюйм³ (61,02 г/дм³), такое как $\geq 1,2$ г/дюйм³ (73,2 г/дм³), $\geq 1,5$ г/дюйм³ (91,5 г/дм³), $\geq 1,7$ г/дюйм³ (103,7 г/дм³), или $\geq 2,00$ г/дюйм³

(122,04 г/дм³) (например, от около 1,5 г/дюйм³ до около 2,5 г/дюйм³ (91,5-152,55 г/дм³)).

Термин «покрытие из пористого оксида» представляет собой термин, общепризнанный в технологии, и подразумевающий смесь одного или многих из керамического материала, каталитического материала или материала сорбента, и
5 необязательно других материалов, таких как связующие материалы, промоторы или стабилизаторы.

Как правило, содержание покрытия из пористого оксида составляет от около 0,1 до около 5,0 г·дюйм⁻³ (6,1-305,1 г/дм³) (например, 0,6-2,5 г·дюйм⁻³ (36,6-152,6 г/дм³), или
10 от 0,1 до около 1,0 г·дюйм⁻³ (6,1-61 г/дм³)), предпочтительно от 0,1 до 0,6 г·дюйм⁻³ (6,1-36,6 г/дм³)).

Обычно покрытие из пористого оксида имеет содержание каталитически активного металла или удерживающего NO_x компонента от 0,1-300 г·фут⁻³ (0,0035-10,5 г/дм³). В
15 еще одном дополнительном варианте исполнения содержание каталитически активного металла или удерживающего NO_x компонента составляет от 0,5-300 г·фут⁻³ (0,018-10,5 г/дм³). Каталитически активный металл обычно представляет собой металл платиновой группы (PGM), такой как платина, палладий и/или родий.

Подложки для применения в способе согласно изобретению и для устройств для
20 регулирования выбросов хорошо известны в технологии.

Как правило, предпочтительно, чтобы подложка представляла собой ячеистую монолитную подложку. Термин «ячеистая монолитная подложка», как применяемый
25 здесь, подразумевает подложку, имеющую множество каналов, которые пролегают продольно вдоль длины подложки, причем каждый канал имеет по меньшей мере один открытый конец (то есть, для протекания в него выхлопного газа). Обычно каналы сформированы между множеством стенок. Каналы могут иметь нерегулярное поперечное сечение и/или регулярное поперечное сечение. Когда каналы имеют
30 регулярное поперечное сечение, тогда поперечное сечение не ограничивается шестиугольным поперечным сечением, и может, например, быть прямоугольным или квадратным.

Ячеистая монолитная подложка может представлять собой проточную ячеистую монолитную подложку. Так, ячеистая монолитная подложка может включать множество каналов, обычно протяженные насквозь через нее, причем каждый канал открыт на
35 обоих концах (то есть, открытый конец на входной стороне и открытый конец на выходной стороне). Как правило, проточная ячеистая монолитная подложка отличается от частично фильтрующей ячеистой монолитной подложки. Проточная ячеистая монолитная подложка обычно не включает улавливающий элемент, такой как
40 множество изгибов во множестве стенок.

Ячеистая монолитная подложка может представлять собой фильтрующую ячеистую монолитную подложку, такую как ячеистую монолитную подложку с пристеночным течением. Такие фильтрующие ячеистые монолитные подложки способны улавливать
45 или удалять твердые частицы (PM), такие как частицы сажи, в выхлопном газе, образованном в двигателе внутреннего сгорания, в частности, в двигателе с компрессионным воспламенением (например, дизельном двигателе).

В ячеистой монолитной подложке с пристеночным течением ячеистая монолитная подложка может включать множество каналов, причем каждый канал имеет открытый
конец и закрытый конец (например, заблокированный конец). Каждый канал обычно

отделен от соседнего канала пористой структурой (например, пористой стенкой). Как правило, каждый канал, имеющий открытый конец у первого конца подложки и закрытый (например, заблокированный) конец у второго (то есть, противоположного) конца подложки, обычно соседствует с каналом, имеющим закрытый (например, заблокированный) конец у первого конца подложки и открытый конец у второго (то есть, противоположного) конца подложки. Когда первый конец подложки размещается на находящемся выше по потоку конце, тогда (i) каждый канал, имеющий открытый конец у первого конца подложки и закрытый конец у второго конца подложки, представляет собой впускной канал, и (ii) каждый канал, имеющий закрытый конец у первого конца подложки и открытый конец у второго конца подложки, представляет собой выпускной канал. Предпочтительно, чтобы каждый впускной канал был поочередно отделен от выпускного канала пористой структурой (например, пористой стенкой), и наоборот. Таким образом, выпускной канал является по вертикальному и боковому направлениям смежным с впускным каналом, и наоборот. Сообщение по текучей среде между впускными каналами и выпускными каналами происходит через пористую структуру (например, пористую стенку) подложки. Если рассматривать с любого конца, поочередно закрытые (например, заблокированные) и открытые концы каналов имеют внешний вид шахматной доски.

Подложка может представлять собой частично фильтрующую подложку (например, смотри частично фильтрующие подложки, раскрытые в патентных документах WO01/80978 или EP1057519). Обычно частично фильтрующая подложка имеет улавливающий элемент (например, для дисперсного материала, такого как частицы сажи), и множество каналов (то есть, для протекания через них выхлопного газа), причем каждый канал имеет по меньшей мере один открытый конец (предпочтительно каждый канал имеет два открытых конца (то есть, каждый канал имеет оба открытых конца)). Как правило, частично фильтрующая подложка имеет множество стенок, которые определяют границы каналов. Обычно улавливающий элемент представляет собой множество изгибов во множестве стенок. Каждая стенка может не иметь изгибы или иметь один или более изгибов. Каждый изгиб действует как препятствие для любого дисперсного материала в выхлопном газе, который протекает через подложку. Каждый изгиб может иметь форму заслонки или крыла, и обычно каждый изгиб выступает наружу из плоскости стенки (например, под углом к ней). Предпочтительно, чтобы каждый изгиб сочетался с отверстием в стенке подложки. Каждое отверстие в стенке позволяет выхлопному газу протекать из одного канала в соседний канал.

Как правило, подложка представляет собой керамический материал или металлический материал. Когда подложка представляет собой керамический материал, тогда обычно керамический материал может быть выбран из группы, состоящей из карбида кремния (SiC), нитрида алюминия, нитрида кремния, титаната алюминия, оксида алюминия, кордиерита ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$), муллита, поллюцита и термета (например, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{/Fe}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{/Ni}$ или $\text{B}_4\text{C/Fe}$, или композиты, включающие сегменты любых двух или более из них). Когда подложка представляет собой металлический материал, то обычно металлический материал выбирается из группы, состоящей из Fe-Cr-Al-сплава, Ni-Cr-Al-сплава, и сплава нержавеющей стали.

Авторы настоящего изобретения разработали два полезных варианта исполнения устройства для регулирования выбросов согласно изобретению, включающих слой твердой пены.

В первом варианте исполнения устройства для регулирования выбросов, устройство для регулирования выбросов представляет собой SCR-катализатор. Слой твердой пены

включает дисперсный материал, который представляет собой композицию SCR-катализатора на основе оксида металла, композицию SCR-катализатора на основе молекулярного сита, или их смесь. Такие композиции SCR-катализатора известны в технологии.

Композиция SCR-катализатора на основе оксида металла обычно включает ванадий или вольфрам, или их смесь, нанесенные на носитель из жаростойкого оксида. Жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, и их комбинаций.

Может быть предпочтительным, что композиция SCR-катализатора на основе оксида металла включает, или по существу состоит из них, оксид ванадия (например, V_2O_5) и/или оксид вольфрама (например, WO_3), на носителе из жаростойкого оксида, выбранного из группы, состоящей из оксида титана (например, TiO_2), оксида церия (например, CeO_2), и смешанного или сложного оксида церия и циркония (например, $Ce_xZr_{(1-x)}O_2$, где x =от 0,1 до 0,9, предпочтительно x =от 0,2 до 0,5).

Когда жаростойкий оксид представляет собой оксид титана (например, TiO_2), то предпочтительно концентрация оксида ванадия составляет от 0,5 до 6 вес.% (например, SCR-композиции на основе оксида металла), и/или концентрация оксида вольфрама (например, WO_3) составляет от 5 до 20 вес.%. Более предпочтительно оксид ванадия (например, V_2O_5) и оксид вольфрама (например, WO_3) наносятся на носитель из оксида титана (например, TiO_2).

Когда жаростойкий оксид представляет собой оксид церия (например, CeO_2), то предпочтительно концентрация оксида ванадия составляет от 0,1 до 9 вес.% (например, SCR-композиции на основе оксида металла), и/или концентрация оксида вольфрама (например, WO_3) составляет от 0,1 до 9 вес.%.

Как правило, предпочтительно, чтобы композиция SCR-катализатора на основе оксида металла включала, или по существу состояла из них, оксид ванадия (например, V_2O_5) и, необязательно, оксид вольфрама (например, WO_3), нанесенные на носитель из оксида титана (например, TiO_2).

Первая композиция селективного каталитического восстановления может включать, или по существу состоит из нее, композицию SCR-катализатора на основе молекулярного сита. Композиция SCR-катализатора на основе молекулярного сита включает молекулярное сито, которое необязательно представляет собой молекулярное сито, образованное обменом на переходный металл. Предпочтительно, чтобы композиция SCR-катализатора включала образованное обменом на переходный металл молекулярное сито.

Как правило, композиция SCR-катализатора на основе молекулярного сита может включать молекулярное сито, имеющее алюмосиликатный каркас (например, цеолит), алюмофосфатный каркас (например, $AlPO$), силикоалюмофосфатный каркас (например, $SAPO$), содержащий гетероатомы алюмосиликатный каркас, содержащий гетероатомы алюмофосфатный каркас (например, $MeAlPO$, где Me представляет металл), или содержащий гетероатомы силикоалюмофосфатный каркас (например, $MeAPSO$, где Me представляет металл). Гетероатом (то есть, содержащий гетероатомы каркас) может быть выбран из группы, состоящей из бора (B), галлия (Ga), титана (Ti), циркония (Zr), цинка (Zn), железа (Fe), ванадия (V), и комбинации любых двух или более из них. Предпочтительно, чтобы гетероатом представлял собой металл (например, каждый из

вышеуказанных содержащих гетероатомы каркасов может представлять собой металлсодержащий каркас).

Предпочтительно, чтобы композиция SCR-катализатора на основе молекулярного сита включала, или по существу состояла из них, молекулярное сито, имеющее
 5 алюмосиликатный каркас (например, цеолит), или силикоалюмофосфатный каркас (например, SAPO). Более предпочтительно молекулярное сито имеет алюмосиликатный каркас (например, цеолит).

Когда молекулярное сито имеет алюмосиликатный каркас (например, молекулярное сито представляет собой цеолит), то обычно молекулярное сито имеет молярное
 10 отношение (SAR) оксида кремния к оксиду алюминия от 5 до 200 (например, от 10 до 200), предпочтительно от 10 до 100 (например, от 10 до 30 или от 20 до 80), такое как от 12 до 40, более предпочтительно от 15 до 30.

Обычно молекулярное сито является микропористым. Микропористое молекулярное сито имеет поры с диаметром менее 2 нм (например, в соответствии с определением
 15 ИЮПАК в отношении «микропористого» [смотри Pure & Appl. Chem., том 66 (№ 8), (1994), стр. 1739-1758])).

Композиция SCR-катализатора на основе молекулярного сита может включать мелкопористое молекулярное сито (например, молекулярное сито, имеющее
 20 максимальный размер цикла из восьми тетраэдрических атомов), среднепористое молекулярное сито (например, молекулярное сито, имеющее максимальный размер цикла из десяти тетраэдрических атомов), или крупнопористое молекулярное сито (например, молекулярное сито, имеющее максимальный размер цикла из двенадцати тетраэдрических атомов), или комбинацию из двух или более из них.

Когда молекулярное сито представляет собой мелкопористое молекулярное сито,
 25 то мелкопористое молекулярное сито может иметь структуру каркаса, представляемую инструкцией Framework Type Code (FTC), выбираемую из группы, состоящей из ACO, AEI, AEN, AFN, AFT, AFX, ANA, APC, APD, ATT, CDO, CHA, DDR, DFT, EAB, EDI, EPI, ERI, GIS, GOO, IHW, ITE, ITW, LEV, KFI, MER, MON, NSI, OWE, PAU, PHI, RHO, RTH, SAT, SAV, SIV, THO, TSC, UEI, UFI, VNI, YUG и ZON, или смеси и/или сростки любых
 30 двух или более из них.

Мелкопористое молекулярное сито предпочтительно имеет структуру каркаса по представлению FTC, выбираемую из группы, состоящей из CHA, LEV, AEI, AFX, ERI, SFW, KFI, DDR и ITE. Мелкопористое молекулярное сито более предпочтительно имеет структуру каркаса по представлению FTC, выбираемую из группы, состоящей из CHA
 35 и AEI. Мелкопористое молекулярное сито может иметь структуру каркаса по представлению FTC как CHA. Мелкопористое молекулярное сито может иметь структуру каркаса по представлению FTC как AEI. Когда мелкопористое молекулярное сито представляет собой цеолит, и имеет каркас, описываемый в FTC как CHA, тогда цеолит может представлять собой шабазит.

Когда молекулярное сито представляет собой среднепористое молекулярное сито,
 40 то среднепористое молекулярное сито может иметь структуру каркаса, представляемую инструкцией Framework Type Code (FTC), выбираемую из группы, состоящей из AEL, AFO, AHT, BOF, BOZ, CGF, CGS, CHI, DAC, EUO, FER, HEU, IMF, ITH, ITR, JRY, JSR, JST, LAU, LOV, MEL, MFI, MFS, MRE, MTT, MVY, MWW, NAB, NAT, NES, OBW, -PAR, PCR, PON, PUN, RRO, RSN, SFF, SFG, STF, STI, STT, STW, -SVR, SZR, TER, TON, TUN,
 45 UOS, VSV, WEI и WEN, или смеси и/или сростки любых двух или более из них.

Среднепористое молекулярное сито предпочтительно имеет структуру каркаса по представлению FTC, выбираемую из группы, состоящей из FER, MEL, MFI и STT.

Среднепористое молекулярное сито более предпочтительно имеет структуру каркаса по представлению FTC, выбираемую из группы, состоящей из FER и MFI. Когда среднепористое молекулярное сито представляет собой цеолит, и имеет каркас, описываемый в FTC как FER или MFI, тогда цеолит может представлять собой

5 ферриерит, силикалит или ZSM-5.

Когда молекулярное сито представляет собой крупнопористое молекулярное сито, то крупнопористое молекулярное сито может иметь структуру каркаса, представляемую инструкцией Framework Type Code (FTC), выбираемую из группы, состоящей из AFI, AFR, AFS, AFY, ASV, ATO, ATS, BEA, BEC, BOG, BPH, BSV, CAN, CON, CZP, DFO, EMT, EON, EZT, FAU, GME, GON, IFR, ISV, ITG, IWR, IWS, IWV, IWW, JSR, LTF, LTL, MAZ, MEI, MOR, MOZ, MSE, MTW, NPO, OFF, OKO, OSI, -RON, RWY, SAF, SAO, SBE, SBS, SBT, SEW, SFE, SFO, SFS, SFV, SOF, SOS, STO, SSF, SSY, USI, UWY и VET, или смеси и/или сростки любых двух или более из них. Крупнопористое молекулярное сито предпочтительно структуру каркаса по представлению FTC, выбираемую из группы, состоящей из AFI, BEA, MAZ, MOR и OFF. Крупнопористое молекулярное сито более

15 предпочтительно имеет структуру каркаса по представлению FTC, выбираемую из группы, состоящей из BEA, MOR и MFI. Когда крупнопористое молекулярное сито представляет собой цеолит, и имеет каркас, описываемый в FTC как BEA, FAU или MOR, тогда цеолит может представлять собой бета-цеолит, фоязит, цеолит типа Y, цеолит типа X или морденит.

20

Как правило, предпочтительно, чтобы молекулярное сито представляло собой мелкопористое молекулярное сито.

Композиция SCR-катализатора на основе молекулярного сита предпочтительно включает образованное обменом на переходный металл молекулярное сито. Переходный

25 металл может быть выбран из группы, состоящей из кобальта, меди, железа, марганца, никеля, палладия, платины, рутения и рения. Предпочтительно, чтобы переходный металл был выбран из группы, состоящей из меди и железа.

Переходный металл может представлять собой железо. Преимущество композиции SCR-катализатора, содержащего образованное обменом на железо молекулярное сито, состоит в том, что такие композиции имеют превосходную активность в восстановлении NO_x при высокой температуре, сравнительно, например, с образованным обменом на медь молекулярным ситом. Образованное обменом на железо молекулярное сито также может генерировать минимальное количество N_2O (сравнительно с другими типами композиции SCR-катализатора).

30

Переходный металл может представлять собой медь. Преимущество композиции SCR-катализатора, содержащего образованное обменом на медь молекулярное сито, состоит в том, что такие композиции имеют превосходную активность в восстановлении NO_x при низкой температуре (например, она может быть превосходить

40 низкотемпературную активность в восстановлении NO_x образованного обменом на железо молекулярного сита).

Переходный металл может присутствовать на внекаркасном центре на наружной поверхности молекулярного сита или внутри канала, полости или клетки молекулярного сита.

Как описано выше, повышенные уровни содержания каталитического материала могут приводить к нежелательному увеличению противодавления фильтра. Например, катализаторы селективного каталитического восстановления (SCR) могут включать $\text{V}_2\text{O}_5/\text{WO}_3/\text{TiO}_2$ и образованные обменом на переходные металл цеолиты, такие как

Fe/бета-цеолит или Cu/CHА. Особенной трудностью в получении таких продуктов является сбалансированность конкурирующих требований сохранения активности катализатора при приемлемом противодавлении. В то время как можно противодействовать некоторым из сопутствующих затруднений применением
 5 фильтрующих подложек с более высокой пористостью, такие подложки являются более хрупкими и более трудными в обращении. Альтернативная мера в предотвращении неприемлемого противодавления состоит в ограничении количества каталитического материала. Однако снижение количества SCR-катализатора приводит к более низкой конверсии NO_x и способности удерживать NH_3 , которая является важной для конверсии
 10 NO_x при более низкой температуре.

Кроме того, на проточную монолитную подложку могут быть нанесены покрытия из довольно сложных многослойных каталитических структур, таких как DOC и NAC. Хотя поверхность фильтрующего монолита, например, поверхность впускного канала фильтра с пристеночным течением, можно покрывать более чем одним слоем
 15 каталитической композиции, проблема с нанесением покрытия на фильтрующий монолит состоит в предотвращении повышающегося без необходимости противодавления, когда при применении, в результате перегрузки фильтрующего монолита каталитическим покрытием из пористого оксида, тем самым происходит ограничение протекания газа через него. Таким образом, хотя нанесение покрытия на поверхность фильтрующей
 20 монолитной подложки последовательно одним или многими различными каталитическими слоями не является невозможным, более распространенной практикой для различных каталитических композиций является либо подразделение их на зоны, например, аксиально разделенные зоны передней и задней половины фильтрующего монолита, либо, иначе, нанесение на впускной канал фильтрующей монолитной
 25 подложки с пристеночным течением покрытия из первой каталитической композиции, и на ее выпускной канал покрытия из второй каталитической композиции.

Было найдено, что нанесение на подложку покрытия из стабилизированной частицами пены может снижать противодавление, обычно связанное с такой же подложкой, покрытой с использованием имеющего подобный состав покрытия из пористого оксида.
 30 Описываемое здесь покрытие из пены позволяет сформировать проницаемый слой покрытия из пористого оксида и минимизировать влияние величины покрытия из пористого оксида на возрастание противодавления, тем самым позволяя применять большее каталитическое покрытие при приемлемом противодавлении. Этот слой пены также предотвращает попадание сажи в стенку фильтра или другие подложки, и сводит
 35 к минимуму влияние сажи на противодавление.

Когда устройство для регулирования выбросов представляет собой SCR-катализатор, тогда подложка обычно представляет собой ячеистую монолитную подложку, которая предпочтительно является проточной ячеистой монолитной подложкой или ячеистой
 40 монолитной подложкой с пристеночным течением, более предпочтительно ячеистой монолитной подложкой с пристеночным течением.

Подложка может представлять собой проточный монолит из кордиерита, металлический монолит с пристеночным течением, сажевый фильтр из кордиерита, сажевый фильтр из карбида кремния или сажевый фильтр из титаната алюминия.

Когда подложка представляет собой ячеистую монолитную подложку с
 45 пристеночным течением, такую как сажевый фильтр, то обычно подложка имеет пористость от 40 до 70%, предпочтительно от 45 до 65%, такую как от 50 до 65% (например, от 55 до 65%). Дополнительно или альтернативно, подложка может иметь средний размер пор от 8 до 45 мкм, предпочтительно от 10 до 30 мкм (например, от 10

до 25 мкм), в частности, от 15 до 25 мкм. Средний размер пор может быть измерен методом ртутной порометрии.

Во втором варианте исполнения устройства для регулирования выбросов, устройство для регулирования выбросов включает подложку и слой твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt). Слой твердой пены предпочтительно имеет открытую пористую структуру.

Слой твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt) включает, или по существу состоит из него, улавливающий материал. Улавливающим материалом обычно является дисперсный материал. Подходящие улавливающие материалы описаны в патентных документах WO 2013/088133, WO 2013/088132, WO 2013/088128, WO 2013/050784 и WO 2016/128720 (все из которых включены здесь ссылкой).

Улавливающий материал включает, или по существу состоит из них:

- (a) частицы жаростойкого оксида, предпочтительно частицы жаростойкого оксида, имеющего среднюю удельную площадь поверхности около $\leq 50 \text{ м}^2/\text{г}$, и/или
- (b) частицы Pt-легируемого металла, предпочтительно частицы Pt-легируемого металла, имеющие средний размер частиц примерно $\geq 10 \text{ нм}$ и/или дисперсность примерно $\leq 10\%$.

Обычно слой твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt) или его улавливающий материал имеет содержание частиц жаростойкого оксида от 0,1 до 3,5 г·дюйм⁻³ (6,1-213,6 г/дм³), предпочтительно от 0,2 до 2,5 г·дюйм⁻³ (12,2-152,6 г/дм³), еще более предпочтительно от 0,3 до 2,0 г·дюйм⁻³ (18,3-122,04 г/дм³), и наиболее предпочтительно от 0,5 до 1,75 дюйм⁻³ (30,5-106,8 г/дм³) (например, от 0,75 до 1,5 дюйм⁻³ (45,8-91,5 г/дм³)).

Улавливающий материал может включать, или по существу состоять из них, частицы жаростойкого оксида, имеющего среднюю удельную площадь поверхности примерно $\leq 50 \text{ м}^2/\text{г}$ (менее, чем около $50 \text{ м}^2/\text{г}$), такую как примерно $\leq 40 \text{ м}^2/\text{г}$ (менее, чем около $40 \text{ м}^2/\text{г}$), предпочтительно примерно $\leq 30 \text{ м}^2/\text{г}$ (менее, чем около $30 \text{ м}^2/\text{г}$), более предпочтительно примерно $\leq 20 \text{ м}^2/\text{г}$ (менее, чем около $20 \text{ м}^2/\text{г}$), еще более предпочтительно примерно $\leq 10 \text{ м}^2/\text{г}$ (менее, чем около $10 \text{ м}^2/\text{г}$). Средняя удельная площадь поверхности (SSA) частиц жаростойкого оксида может быть определена методом физической сорбции азота при температуре -196°C с использованием волюмометрического метода. Среднее значение SSA определяется с использованием уравнения BET (Брунауэра-Эммета-Теллера) изотерм адсорбции.

Жаростойкий оксид может иметь значение $d_{90} < 100$ микрон (мкм). Жаростойкий оксид предпочтительно может иметь значение $d_{90} < 75$ микрон (мкм), такое как < 50 микрон (мкм) (например, < 30 микрон (мкм)), и более предпочтительно < 20 микрон (мкм).

Обычно жаростойкий оксид имеет значение $d_{90} > 0,1$ микрон (мкм). Предпочтительно, чтобы жаростойкий оксид имел значение $d_{90} > 1,0$ микрон (мкм), такое как $> 5,0$ микрон (мкм).

Частицы жаростойкого оксида для применения в устройстве для регулирования выбросов соответственно второму варианту осуществления изобретения имеют относительно низкую среднюю удельную площадь поверхности, по сравнению со средней удельной площадью поверхности частиц такого же жаростойкого оксида,

которые используются в качестве материала носителя (например, для каталитически активного металла, такого как металл платиновой группы) в устройствах для регулирования выбросов согласно прототипу (например, DOC, CSF или NSC). Как правило, мелкие частицы жаростойкого оксида, имеющие высокую среднюю удельную

5 площадь поверхности, применяются для максимизации каталитической активности. Напротив, частицы жаростойкого оксида для применения в соответствии с изобретением являются относительно крупными (то есть, в целом гораздо более крупными, чем когда используются в качестве материала носителя в устройствах для регулирования выбросов согласно прототипу).

10 Жаростойкие оксиды, имеющие среднюю удельную площадь поверхности примерно $\leq 50 \text{ м}^2/\text{г}$, известны в технологии и могут быть доступными на рынке.

Жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, и их смешанного или

15 сложного оксида, такого как смешанный или сложный оксид двух или более из них.

Например, жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида титана-оксида алюминия, оксида циркония-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида титана-оксида кремния, оксида циркония-оксида кремния, оксида циркония-оксида титана, оксида церия-оксида

20 циркония, и оксида алюминия-оксида магния.

Предпочтительно, чтобы жаростойкий оксид выбирался из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида церия-оксида циркония, и оксида алюминия-оксида магния. Более предпочтительно жаростойкий оксид выбирается из группы,

25 состоящей из оксида алюминия, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, и оксида церия-оксида циркония. Жаростойкий оксид может представлять собой оксид алюминия или оксид кремния-оксид алюминия.

Может быть предпочтительным, чтобы улавливающий материал не включал Pt-легируемый материал (РАМ), в частности, когда Pt-легируемый материал содержит

30 палладий. Этот вариант исполнения здесь называется «вариантом исполнения без РАМ». Более предпочтительно улавливающий материал не включает палладий или платину. Кроме того, предпочтительно, чтобы улавливающий материал не включал один или многие металлы платиновой группы (PGM) и/или один или многие металлы монетных сплавов, такие как золото (Au) и/или серебро (Ag). Еще более предпочтительно

35 улавливающий материал не содержит один или многие переходные металлы (то есть, за исключением любых переходных металлов, которые могут быть частью жаростойкого оксида, такого как оксид циркония). При таких обстоятельствах частицы жаростойкого оксида, имеющие среднюю удельную площадь поверхности $\leq 50 \text{ м}^2/\text{г}$, могут быть

40 применены главным образом или исключительно в качестве улавливающего материала.

В варианте исполнения без РАМ жаростойкий оксид предпочтительно представляет собой оксид церия, оксид церия-оксид алюминия или оксид церия-оксид циркония. Более предпочтительно жаростойкий оксид содержит, или по существу состоит из него, оксид церия. Еще более предпочтительно жаростойкий оксид состоит по существу из оксида

45 церия.

Дополнительно или альтернативно, улавливающий материал может включать, или по существу состоять из них, частицы Pt-легируемого материала (РАМ), такого как палладий (Pd). Варианты осуществления изобретения, где Pt-легируемый материал входит в состав улавливающего материала, называются здесь «РАМ-содержащим

вариантом исполнения».

Включение Pt-легируемого материала (РАМ) в улавливающий материал было показано как преимущественное, поскольку он может легко образовывать сплав с улетучившейся Pt. Благодаря образованию сплава между Pt и Pt-легируемым материалом (например, Pt-Pd-сплавом) в улавливающем материале улетучившаяся Pt эффективно захватывается благодаря стабильности сплава.

Обычно Pt-легируемый материал включает, или по существу состоит из них, металл и/или его оксид. Металл предпочтительно выбирается из группы, состоящей из палладия (Pd); золота (Au); меди (Cu); смеси Pd и Au; смеси Pd и Cu; смеси Au и Cu; смеси Pd, Au и Cu; биметаллического сплава Pd и Au; биметаллического сплава of Pd и Cu; биметаллического сплава Au и Cu; и триметаллического сплава Pd, Au и Cu. Предпочтительно, чтобы металл выбирался из группы, состоящей из палладия (Pd), смеси Pd и Au, и биметаллического сплава Pd и Au. Более предпочтительно металл представляет собой палладий (Pd).

Во избежание неопределенности, Pt-легируемый материал не содержит платину (например, будучи новым или неиспользованным).

Предпочтительно, чтобы частицы Pt-легируемого материала имели средний размер частиц примерно ≥ 10 нм, такой как средний размер частиц менее, чем около 10 нм. Более предпочтительно частицы Pt-легируемого материала имеют средний размер частиц примерно ≥ 15 нм, такой как примерно ≥ 20 нм, еще более предпочтительно примерно ≥ 50 нм, такой как примерно ≥ 75 нм.

Как правило, металл, который может действовать как Pt-легируемый материал, вводится в катализатор окисления для его каталитической активности. Средний размер частиц таких металлов (например, палладия) в традиционных устройствах для регулирования выбросов является гораздо меньшим, чем 10 нм. Частицы Pt-легируемого материала для применения в улавливающем материале в соответствии с изобретением являются относительно крупными. Неожиданно было обнаружено, что такие крупные частицы Pt-легируемого материала способны захватывать или улавливать улетучившуюся Pt, в то же время будучи каталитически относительно неактивными.

Обычно Pt-легируемый материал имеет средний размер частиц от 10 нм до 1000 микрон (мкм). Предпочтительно, чтобы Pt-легируемый материал имел средний размер частиц от 15 нм до 100 микрон (мкм), более предпочтительно от 20 нм до 20 микрон (мкм), в частности, от 50 нм до 5 микрон (мкм), такой как от 75 нм до 3 микрон (мкм).

Частицы Pt-легируемого материала обычно имеют дисперсность примерно $\leq 10\%$ (например, менее, чем около 10%), предпочтительно примерно $\leq 7,5\%$, такую как примерно $\leq 5\%$, более предпочтительно примерно $\leq 2,5\%$. Измерение дисперсности относится к частицам неиспользованного Pt-легируемого материала (то есть, свежим частицам, которые не были подвергнуты воздействию при периодическом или длительном использовании).

«Средний размер частиц» и «дисперсность», как здесь применяемые со ссылкой на Pt-легируемый материал, могут быть определены с использованием стандартных методов, и как описано в патентном документе WO 2016/128720.

Как правило, улавливающий материал имеет общее содержание Pt-легируемого материала (например, содержание металла Pt-легируемого материала) от $1 \text{ г} \cdot \text{фут}^{-3}$ до $50 \text{ г} \cdot \text{фут}^{-3}$ ($0,035\text{--}1,75 \text{ г/дм}^3$), предпочтительно от $4 \text{ г} \cdot \text{фут}^{-3}$ до $40 \text{ г} \cdot \text{фут}^{-3}$ ($0,14\text{--}1,4 \text{ г/дм}^3$), еще более предпочтительно от $8 \text{ г} \cdot \text{фут}^{-3}$ до $30 \text{ г} \cdot \text{фут}^{-3}$ ($0,28\text{--}0,105 \text{ г/дм}^3$).

Pt-легируемый материал, такой как палладий, может быть размещен на подложке

или с использованием ее в качестве носителя (например, Pt-легируемый материал нанесен в виде покрытия непосредственно на подложку).

Предпочтительно, чтобы Pt-легируемый материал был размещен или поддерживался на материале носителя (например, дисперсном материале носителя). Pt-легируемый материал может быть нанесен непосредственно на материал носителя или может быть непосредственно поддерживаться материалом носителя (например, отсутствует промежуточный материал носителя между Pt-легируемым материалом и материалом носителя). Например, Pt-легируемый материал, такой как палладий, может быть распределен на поверхности материала носителя и/или может пропитывать его.

Как правило, материал носителя включает, или по существу состоит из него, жаростойкий оксид, такой как определенный выше жаростойкий оксид. Предпочтительно, чтобы жаростойкий оксид выбирался из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида церия-оксида циркония и оксида алюминия-оксида магния. Более предпочтительно жаростойкий оксид выбирается из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия и оксида церия-оксида циркония. Еще более предпочтительно жаростойкий оксид представляет собой оксид алюминия или оксид кремния-оксид алюминия, в частности, оксид кремния-оксид алюминия.

Жаростойкий оксид может относиться к определенному выше типу, который имеет относительно малую среднюю удельную площадь поверхности, и имеет частицы, которые являются относительно крупными.

Изобретение включает разнообразные конфигурации улавливающего материала в отношении содержащего (Pt) каталитического материала.

Первая конфигурация относится к устройству для регулирования выбросов, включающему слой твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt), каковое устройство для регулирования выбросов может дополнительно включать каталитический материал, причем каталитический материал содержит платину (Pt). Слой твердой пены обычно размещается в контакте с выхлопным газом после того, как выхлопной газ был в контакте с содержащим платину (Pt) каталитическим материалом или был пропущен через него.

Вторая конфигурация относится к выхлопной системе, включающей первое устройство для регулирования выбросов выше по потоку, предпочтительно непосредственно выше по потоку, относительно второго устройства для регулирования выбросов (то есть, выпускной канал первого устройства для регулирования выбросов присоединен, предпочтительно напрямую присоединен, к впускному каналу второго устройства для регулирования выбросов). Первое устройство для регулирования выбросов включает каталитический материал, размещенный на подложке или нанесенный на нее как на носитель. Второе устройство для регулирования выбросов включает слой твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt), размещенный на подложке или нанесенный на нее как на носитель.

Во избежание неопределенности, улавливающий материал и каталитический материал имеют различные составы.

Как правило, каталитический материал содержит платину (Pt), будучи размещенным или поддерживаемым на материале носителя (называемым здесь материалом носителя каталитического материала или «материалом СМ-носителя»). Материал СМ-носителя включает, или по существу состоит из него, жаростойкий оксид (называемый здесь жаростойким оксидом каталитического материала). Частицы жаростойкого оксида

обычно имеют среднюю удельную площадь поверхности $\geq 75 \text{ м}^2/\text{г}$, такую как $\geq 100 \text{ м}^2/\text{г}$, и предпочтительно $\geq 100 \text{ м}^2/\text{г}$.

Жаростойкий оксид материала СМ-носителя обычно выбирается из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, и их смешанного или сложного оксида, такого как смешанный или сложный оксид двух или более из них. Например, жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида титана-оксида алюминия, оксида циркония-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида титана-оксида кремния, оксида циркония-оксида кремния, оксида циркония-оксида титана, оксида церия-оксида циркония, и оксида алюминия-оксида магния.

Каталитический материал может включать единственный металл платиновой группы (PGM), который представляет собой платину (например, каталитический материал содержит платину как только металл платиновой группы).

В альтернативном варианте, каталитический материал может включать (i) платину (Pt), и (ii) палладий (Pd) и/или родий (Rh).

Если каталитический материал содержит палладий (Pd), то обычно каталитический материал содержит частицы палладия (Pd), имеющие средний размер частиц $< 10 \text{ нм}$, предпочтительно $\leq 8 \text{ нм}$.

Если каталитический материал включает палладий (Pd), то обычно каталитический материал содержит частицы палладия (Pd), имеющий дисперсность $> 10\%$, предпочтительно $\geq 15\%$ (например, от 15 до 35%), такую как $\geq 20\%$ (например, от 20 до 30%).

Как правило, когда каталитическая зона или ее каталитический материал включает Pt и Pd (и, необязательно, Rh), то обычно отношение по массе Pt к Pd составляет $\geq 1:1$. Каталитический материал может содержать Pt и, необязательно, Pd, так, что отношение по массе Pt к Pd составляет от 1:0 до 1:1. Предпочтительно, чтобы, когда каталитический материал включает Pt и Pd (и, необязательно, Rh), то отношение по массе Pt к Pd составляет $\geq 1,5:1$, более предпочтительно $\geq 2:1$ (например, $\geq 3:1$), еще более предпочтительно $\geq 4:1$, такое как $\geq 10:1$. Отношение по массе (то есть, массовое отношение) Pt к Pd предпочтительно составляет от 50:1 до 1:1, более предпочтительно от 30:1 до 2:1 (например, от 25:1 до 4:1), еще более предпочтительно от 20:1 до 5:1, такое как от 15:1 до 7,5:1.

Как правило, когда каталитический материал включает Pt и Rh (и, необязательно, Pd), то обычно отношение по массе Pt к Rh составляет $\geq 1:1$. Каталитический материал может содержать Pt и, необязательно, Rh, так, что отношение по массе Pt к Rh составляет от 1:0 до 1:1. Когда каталитический материал содержит Pt и Rh (и, необязательно, Pd), то предпочтительно отношение по массе Pt к Rh составляет $\geq 1,5:1$, более предпочтительно $\geq 2:1$ (например, $\geq 3:1$), еще более предпочтительно $\geq 4:1$, такое как $\geq 10:1$. Отношение по массе (то есть, массовое отношение) Pt к Rh предпочтительно составляет от 50:1 до 1:1, более предпочтительно от 30:1 до 2:1 (например, от 25:1 до 4:1), еще более предпочтительно от 20:1 до 5:1, такое как от 15:1 до 7,5:1.

В первой конфигурации слой твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt) включает, или по существу состоит из него, улавливающий материал, который может быть:

(a) размещен на каталитическом материале или нанесен на него как на носитель; и/или

(b) размещен непосредственно на подложке [то есть, улавливающий материал]

находится в контакте с поверхностью подложки]; и/или

(с) в контакте с каталитическим материалом [то есть, улавливающий материал является смежным с каталитическим материалом или примыкает к нему].

Слой твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt) размещается в контакте с выхлопным газом после того, как выхлопной газ контактировал с содержащим платину (Pt) каталитическим материалом или прошел через него.

Как правило, область слоя твердой пены размещается в контакте с выхлопным газом, когда он покидает устройство для регулирования выбросов. Каталитический материал может быть размещен или ориентирован для контакта с выхлопным газом до слоя твердой пены.

Предпочтительно, чтобы слой твердой пены размещался или был нанесен на носитель у выпускного конца подложки или вблизи него.

Каталитический материал может быть размещен или нанесен на носитель выше по потоку относительно слоя твердой пены. Дополнительно или альтернативно, слой твердой пены может перекрывать каталитический материал. Концевой участок или часть слоя твердой пены могут размещаться на каталитическом материале или быть нанесенными на него как на носитель. Слой твердой пены может полностью или частично перекрывать каталитический материал.

Как правило, содержание слоя твердой пены составляет от 0,1 до 4,0 г·дюйм⁻³ (6,1-244,1 г/дм³), предпочтительно от 0,5 до 2,0 г·дюйм⁻³ (30,5-122,04 г/дм³)).

В третьем варианте исполнения устройства для регулирования выбросов, устройство для регулирования выбросов включает подложку и слой твердой пены для окисления сажи (и, необязательно, монооксида углерода и углеводородов). Устройство для регулирования выбросов представляет собой каталитический сажевый фильтр (CSF).

Слой твердой пены предпочтительно имеет открытоячеистую структуру.

Подложка предпочтительно представляет собой фильтрующую подложку, такую как ячеистая монолитная подложка с пристеночным течением (например, сажевый фильтр).

Слой твердой пены для окисления сажи может быть размещен или нанесен как на носитель на впускных каналах и/или выпускных каналах фильтрующей подложки. Предпочтительно, чтобы слой твердой пены был размещен или нанесен как на носитель по меньшей мере на впускных каналах фильтрующей подложки.

Слой твердой пены для окисления сажи включает, или по существу состоит из него, каталитический материал, такой, как описанный выше.

Обычно каталитический материал для окисления сажи включает, или по существу состоит из него, металл платиновой группы, размещенный на материале носителя.

Металл платиновой группы предпочтительно представляет собой платину и/или палладий.

Материал носителя включает, или по существу состоит из него, жаростойкий оксид. Жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, и их смешанного или сложного оксида, такого как смешанный или сложный оксид двух или более из них. Например, жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида титана-оксида алюминия, оксида циркония-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида титана-оксида кремния, оксида циркония-оксида кремния, оксида циркония-оксида титана, оксида церия-оксида циркония, и оксида алюминия-оксида магния.

Предпочтительно, чтобы жаростойкий оксид выбирался из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида церия-оксида циркония, и оксида алюминия-оксида магния. Более предпочтительно жаростойкий оксид выбирается из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, и оксида церия-оксида циркония. Жаростойкий оксид может представлять собой оксид алюминия или оксид кремния-оксид алюминия.

В четвертом варианте исполнения устройства для регулирования выбросов, устройство для регулирования выбросов включает подложку и слой твердой пены для окисления дисперсных частиц (и, необязательно, (i) окисления монооксида углерода и углеводородов, и (ii) восстановления оксидов азота (NO_x)). Устройство для регулирования выбросов представляет собой сажевый фильтр (GPF) бензинового двигателя.

Слой твердой пены предпочтительно имеет открытаячеистую структуру.

Подложка обычно представляет собой фильтрующую подложку, такую как ячеистая монолитная подложка с пристеночным течением (например, сажевый фильтр). Подложка может представлять собой проточный монолит из кордиерита, металлический монолит с пристеночным течением, сажевый фильтр из кордиерита, сажевый фильтр из карбида кремния или сажевый фильтр из титаната алюминия.

Когда подложка представляет собой ячеистую монолитную подложку с пристеночным течением, такую как сажевый фильтр, то обычно подложка имеет пористость от 40 до 70%, предпочтительно от 45 до 65%, такую как от 50 до 65% (например, от 55 до 65%). Дополнительно или альтернативно, подложка может иметь средний размер пор от 8 до 45 мкм, предпочтительно от 10 до 30 мкм (например, от 10 до 25 мкм), в частности, от 15 до 25 мкм. Средний размер пор может быть измерен методом ртутной порометрии.

В четвертом варианте исполнения устройства для регулирования выбросов слой твердой пены может быть размещен или нанесен как на носитель на впускных каналах и/или выпускных каналах фильтрующей подложки. Предпочтительно, чтобы слой твердой пены был размещен или нанесен как на носитель по меньшей мере на впускных каналах фильтрующей подложки.

Слой твердой пены для окисления сажи включает, или по существу состоит из него, каталитический материал, такой, как описанный выше.

Обычно каталитический материал для окисления сажи включает, или по существу состоит из него, металл платиновой группы, материал носителя и кислородсодержащий компонент.

Металл платиновой группы предпочтительно представляет собой родий и/или палладий.

Материал носителя включает, или по существу состоит из него, жаростойкий оксид. Жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, и их смешанного или сложного оксида, такого как смешанный или сложный оксид двух или более из них. Например, жаростойкий оксид может быть выбран из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида циркония, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида титана-оксида алюминия, оксида циркония-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида титана-оксида кремния, оксида циркония-оксида кремния, оксида циркония-оксида титана, оксида церия-оксида циркония, и оксида алюминия-оксида магния.

Предпочтительно, чтобы жаростойкий оксид выбирался из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, оксида церия-оксида алюминия, оксида церия-оксида циркония, и оксида алюминия-оксида магния. Более предпочтительно жаростойкий оксид выбирается из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида церия, оксида кремния-оксида алюминия, и оксида церия-оксида циркония. Жаростойкий оксид может представлять собой оксид алюминия или оксид кремния-оксид алюминия.

Кислородсодержащий компонент обычно включает, или по существу состоит из него, оксид церия.

Двигатель внутреннего сгорания может быть бензиновым двигателем или дизельным двигателем. Предпочтительно, чтобы двигатель внутреннего сгорания представлял собой дизельный двигатель, в частности, для первого, второго и третьего вариантов исполнения устройства для регулирования выбросов согласно изобретению. Для четвертого варианта исполнения устройства для регулирования выбросов согласно изобретению предпочтительно, чтобы двигатель внутреннего сгорания был бензиновым двигателем.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Как применяемые в этом описании и пунктах прилагаемой формулы изобретения, формы единственного числа «a», «an» и «the» включают многочисленные ссылочные объекты, если контекст четко не оговаривает иное. Так, например, ссылка на «дисперсный материал» включает смесь двух или более дисперсных материалов, и тому подобно.

Термин «смешанный оксид», как здесь используемый, в общем подразумевает смесь оксидов в единой фазе, как это традиционно известно в технологии. Термин «сложный оксид», как применяемый здесь, в общем подразумевает композицию оксидов, имеющую более чем одну фазу, как это традиционно известно в технологии.

Выражение «около», как используемое здесь со ссылкой на конечную точку численного диапазона, включает как раз конечную точку заданного численного диапазона. Так, например, выражение, определяющее параметр как указанный до «около 0,2», включает параметр до и включительно 0,2.

Термин «по существу вертикально», применяемый здесь со ссылкой на удерживание подложки, подразумевает размещение, где центральная ось подложки пролегает с отклонением $\pm 5^\circ$ от вертикали, предпочтительно $\pm 3^\circ$ от вертикали, таким как $\pm 0^\circ$ от вертикали (то есть, совершенно вертикально в пределах погрешности измерения).

Любая ссылка на «вакуум», как здесь применяемый, подразумевает давление, которое имеет величину ниже атмосферного давления. Термин «вакуум» не должен толковаться в его буквальном смысле как пространство, которое полностью лишено вещества. Уровень вакуума, который создается на подложке, будет зависеть от состава жидкости и типа подложки, которые используются. Вакуум должен быть достаточно глубоким для очистки ячеек так, чтобы не было закупориваний. Такие уровни вакуума или пониженных давлений являются общеизвестными в технологии.

Выражение «по существу состоит», как применяемое здесь, ограничивает область действия признака до включения заданных материалов, и любых других материалов или стадий, которые фактически не оказывают влияния на базовые характеристики этого признака, такие как незначительные примеси. Выражение «по существу состоит из» охватывает выражение «по существу состоит».

ПРИМЕРЫ

Теперь изобретение будет иллюстрировано следующими неограничивающими

примерами.

Общие процедуры и методы

Общепризнанные способы нанесения покрытий представляют собой способы согласно изобретениям и указаниям патентных документов WO99/47260, WO2011/080525 и WO2014/19568.

ПРИМЕР 1

Суспензию гамма-оксида алюминия приготовили смешением надлежащего количества порошка с водой. Значение pH отрегулировали на 5,5 с помощью HNO_3 , и суспензию перемешивали до однородного состояния. Суспензию подвергли размалыванию до $d_{50} < 6$ микрон (мкм).

К порции этой суспензии добавили валериановую кислоту (1,6% по массе относительно оксида алюминия), и значение pH скорректировали до 4,8 с использованием NH_3 . В суспензию вводили воздух с использованием пищевого миксера

Kenwood Chef ClassicTM с насадкой в виде венчика, при перемешивании с максимальной скоростью в течение 10 минут для получения пены до объема, в 5,9 раз превышающего объем исходной суспензии.

Пену выдерживали в течение трех дней, на протяжении которых никакого стекания жидкости, высыхания или огрубления пузырьковой структуры не наблюдалось.

ПРИМЕР 2

К деминерализованной воде добавили порошок бемита (оксида алюминия, поставляемого фирмой Sasol). Эту суспензию перемешивали в течение трех часов. Медленно добавляли мелкопористый цеолит, образованный обменом на Cu, со структурой CHA и SAR 25 (3,0 вес.% Cu) (отношение цеолит:бемит 9:1). Общее содержание твердых веществ в этой суспензии составляло 31 вес.%.

К порции этой суспензии добавляли валериановую кислоту (в переменных количествах, описанных в Таблице 1), и корректировали значение pH до 4,8 с использованием NH_3 . В каждую порцию суспензии вводили воздух с использованием пищевого миксера Kenwood Chef ClassicTM с насадкой в виде венчика, при перемешивании с максимальной скоростью в течение 10 минут для получения пены.

Таблица 1 - Обобщение образцов пены ПРИМЕРА 2

Название образца	Твердые вещества, вес. %	Валериановая кислота, ммоль/г твердых веществ	Начальный объем (мл)	Объем пены (мл)
A	19,97	0,085	150	300
B	19,97	0,180	150	1200
C	18,84	0,173	150	200
D	31,00	0,109	150	1200
E	29,95	0,056	150	1100
F	31,39	0,082	100	700
G	30,67	0,210	150	1200
H	19,82	0,122	150	1100
I	20,15	0,274	150	1250
J	20,34	0,288	150	1200

ФИГ. 1a показывает характеризующее свежую пену образца I изображение из оптического микроскопа (при 5-кратном увеличении и с масштабной отметкой 0,20 мм). **ФИГ. 1b** показывает полученное в оптическом микроскопе изображение свежей пены образца I (при 5-кратном увеличении и с масштабной отметкой 0,25 мм).

ПРИМЕР 3 - Испытание покрытия пеной SCR

Суспензию приготовили разбавлением и затем перемешиванием суспензии с составом,

подобным ПРИМЕРУ 2, и пока она не стала однородной.

К порции этой суспензии добавляли валериановую кислоту (2,1% по массе относительно твердого компонента), и корректировали значение pH до 4,8 с помощью гидроксида тетра-н-пропиламмония. В каждую порцию суспензии вводили воздух с

использованием пищевого миксера Kenwood Chef ClassicTM с насадкой в виде венчика, при перемешивании с максимальной скоростью в течение 10 минут для получения пены.

Пену вводили в выпускной конец 1-дюймового керна, взятого из проточной подложки из кордиерита, с использованием вакуума, созданного от впускного конца. Керн высушили и затем кальцинировали при температуре 500°C в течение 2 часов.

Как изображено в ФИГ. 2, сканирующей электронной микроскопией показано, что покрытие из твердой пены образует равномерный слой на стенках ячеек. У поверхности слоя твердой пены видны открытые пузыри. Изображения были получены в следующих условиях: 2а) ускоряющее напряжение 20 кВ, 42-кратное увеличение, рабочее расстояние 18 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,20 мм, 2б) ускоряющее напряжение 20 кВ, 28-кратное увеличение, рабочее расстояние 13 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,20 мм.

ПРИМЕР 4 - Испытание покрытия пеной SCRF

Приготовили три суспензии, каждая как в ПРИМЕРАХ 2 и 3. К каждой из них добавили валериановую кислоту (в количествах, как описано в Таблице 2), и значение pH регулировали на заданную величину 4,75 с помощью гидроксида тетра-н-пропиламмония (ТРАОН). В суспензии вводили воздух с использованием пищевого миксера Kenwood Chef ClassicTM с насадкой в виде венчика, при перемешивании с максимальной скоростью в течение 10 минут для получения пены.

Таблица 2

Наименование суспензии	4а	4б	4с
Содержание твердых веществ в суспензии (вес.%)	30	30	30
Количество валериановой кислоты (вес.% относительно твердого компонента)	0,82	0,82	0,82
Количество ТРАОН (вес.% относительно твердого компонента)	1,76	1,76	1,76
Исходное значение pH	4,54	4,54	4,6
pH после добавления валериановой кислоты	4,38	4,38	4,41
pH после добавления ТРАОН	4,74	4,74	4,73

ПРИМЕР 4а

196,6 г суспензии 4а нанесли на выпускные каналы фильтрующей подложки из SiC, имеющей 300 ячеек на квадратный дюйм, с использованием способа, как описанного в патентном документе WO2011/080525. Покрытие из пены высушили с использованием потока сжатого воздуха и кальцинировали при температуре 500°C. Покрытую подложку разрезали в продольном направлении для обследования толщины покрытия, и покрытие исследовали с использованием SEM.

ФИГ. 3 показывает покрытие из суспензии 4а на одном сегменте подложки после того, как она была разрезана в продольном направлении.

Толщина покрытия пены составляла 38 мм, когда измерение проводили со стороны выпускного канала. Катализатор в покрытии имел содержание 1,2 г·дюйм⁻³ (0,042 г/дм³) в покрытой части. Распределение покрытия в каналах выглядит равномерным; поверхность покрытия является весьма шероховатой. Пузырчатые детали имеют распределение по величине, варьирующее от 50 мкм до 200 мкм, и проявляются часто взаимосвязанными либо трещинами, либо отверстиями в стенках пузырей. ФИГ. 4 показывает SEM-изображения покрытого фильтра, 4а показывает поверхность

покрытия, и **4b** показывает поперечное сечение. Изображения были получены в следующих условиях: 4a) ускоряющее напряжение 20 кВ, 45-кратное увеличение, рабочее расстояние 14 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,10 мм, 4b) ускоряющее напряжение 20 кВ, 200-кратное увеличение, рабочее расстояние 13 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,10 мм.

Вид поперечного сечения показывает, что покрытие образует плотный, тонкий пристеночный слой, на верху которого формируется более шероховатая и открытая структура. Покрытие не проникает в поры подложки. Как впускные каналы, так и поры в стенках выпускных каналов не содержат покрытие. Толщина плотного пристеночного слоя является переменной, и степень открытопористых структур, образованных на его верху, также изменяется в пределах образца. Плотный слой проявляет некоторую пористость между частицами, в диапазоне 1-5 мкм.

ПРИМЕР 4b

Две порции суспензии **4b** нанесли на впускные каналы фильтрующей подложки из SiC, имеющей 300 ячеек на квадратный дюйм, с использованием способа, как описанного в патентном документе WO2011/080525. Первое нанесение составляло 223,3 г пены, второе 143,0 г пены. Покрытие из пены высушили после каждого нанесения с использованием потока сжатого воздуха и наконец кальцинировали при температуре 500°C. Покрытие обследовали с использованием SEM.

ФИГ. 5 показывает SEM-изображения покрытого фильтра, причем **5b** показывает поверхность покрытия, и **5a** и **5c** показывают поперечное сечение. Изображения были получены в следующих условиях: 5a) ускоряющее напряжение 20 кВ, 88-кратное увеличение, рабочее расстояние 16 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,20 мм, 5b) ускоряющее напряжение 20 кВ, 81-кратное увеличение, рабочее расстояние 18 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,10 мм, 5c) ускоряющее напряжение 20 кВ, 150-кратное увеличение, рабочее расстояние 13 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,10 мм.

Покрытие образовало толстый однородный слой на стенке подложки. Толщина вблизи углов составляет около 350 мкм, вдоль стенок около 150 мкм. Покрытие образует очень шероховатую поверхность, с открытыми порами, взаимосвязанными через трещины или отверстия в стенке пузырей. Между частицами, формирующими стенку пузыря, обнаруживаются гораздо меньшие поры.

ПРИМЕР 4c

Три порции суспензии **4c** нанесли на выпускные каналы фильтрующей подложки из SiC, имеющей 300 ячеек на квадратный дюйм, с использованием способа, как описанного в патентном документе WO2011/080525. Первое нанесение составляло 191,1 г пены, второе 170,8 г пены, и третье 193,6 г пены. Покрытие из пены высушивали после каждого нанесения с использованием потока сжатого воздуха и окончательно кальцинировали при температуре 500°C. Покрытие обследовали с использованием SEM.

ФИГ. 6 показывает SEM-изображения покрытого фильтра, причем **6a** показывает поверхность покрытия, и **6b** показывают поперечное сечение. Изображения были получены в следующих условиях: 6a) ускоряющее напряжение 20 кВ, 90-кратное увеличение, рабочее расстояние 14 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,10 мм, 6b) ускоряющее напряжение 20 кВ, 80-кратное увеличение, рабочее расстояние 12 мм, детектор вторичных электронов, масштабная отметка 0,10 мм.

Покрытие выглядит однородным; поверхность покрытия имеет высокую шероховатость. Пузырчатые детали имеют широкое распределение по величине, варьирующее от 50 мкм до 250 мкм, и проявляются часто взаимосвязанными либо

трещинами, либо отверстиями в стенках пузырей. Общая толщина слоя вокруг углов составляет 300 мкм, на каналах приблизительно 160 мкм.

Вид поперечного сечения показывает, что покрытие образует плотный, тонкий пристеночный слой, на верху которого формируется более шероховатая и открытая структура. Средняя толщина нижнего плотного слоя значительно варьирует вдоль каналов, от 20 до 150 мкм, в зависимости от присутствия и числа пузырьков в области.

ПРИМЕР 5 - Испытание толщины короткого покрытия

ПРИМЕР 5a - Фильтр с полосой катализатора для предотвращения проскока аммиака (ASC)

Фильтр был покрыт стандартным слоем SCR-покрытия из пористого оксида для фильтра перед нанесением покровного слоя пены.

Суспензию приготовили добавлением порошка гамма-оксида алюминия к воде и размалыванием до величины d_{50} менее 4,5 микрон (мкм). Добавили растворимую соль Pt и 0,5% гидроксипропилцеллюлозы. Суспензию перемешивали до однородного состояния.

К порции этой суспензии добавили пропилгаллат (2,2% по массе относительно твердого компонента) и перемешивали до достижения однородности. В суспензию вводили воздух с использованием пищевого миксера Kenwood Chef ClassicTM с насадкой в виде венчика, при перемешивании с максимальной скоростью в течение 10 минут для получения пены.

Пену нанесли на выпускные каналы фильтрующей подложки из SiC, имеющей 300 ячеек на квадратный дюйм, с использованием способа, как описанного в патентном документе WO2011/080525. Покрытие из пены высушивали после каждого нанесения с использованием потока сжатого воздуха и кальцинировали при температуре 500°C. Толщина покрытия из пены составляла 5 мм, когда измерение проводили на выходной стороне. Полученный катализатор имел содержание Pt $14 \text{ г} \cdot \text{фут}^{-3}$ ($0,49 \text{ г} / \text{дм}^3$), и содержание покрытия $0,4 \text{ г} \cdot \text{дюйм}^{-3}$ ($24,4 \text{ г} / \text{дм}^3$) твердой пены на покрытом участке.

Катализатор разрезали в продольном направлении в двух перпендикулярных плоскостях. Как показано в ФИГ. 7, с использованием оптического микроскопа для рассматривания поверхности слоя твердой пены удалось определить, что твердая пена имела открытую структуру с пузырями величиной между 5 и 140 мкм.

Толщину покрытия из слоя твердой пены измерили в 10 положениях, равномерно отстоящих друг от друга вдоль двух плоскостей разреза. Измеренные толщины покрытия имели среднее значение 4,8 мм и стандартное отклонение 0,4 мм.

ПРИМЕР 5b - Течение через ASC-полосу

Суспензию приготовили добавлением порошка гамма-оксида алюминия (SCFa-140, поставляемого фирмой Sasol) к воде и размалыванием до величины d_{50} менее 4,5 микрон (мкм). Добавили растворимую соль Pt и 0,5% гидроксипропилцеллюлозы. Суспензию перемешивали до однородного состояния.

К части этой суспензии добавили валериановую кислоту (1,65% по массе относительно твердого компонента), и значение pH скорректировали до 4,8 с использованием NH_3 .

В суспензию вводили воздух с использованием пищевого миксера Kenwood Chef ClassicTM с насадкой в виде венчика, при перемешивании с максимальной скоростью в течение 10 минут для получения пены.

Пену нанесли на выпускные каналы проточной подложки из кордиерита, имеющей 300 ячеек на квадратный дюйм, с использованием способа, как описанного в патентном документе WO2011/080525. Покрытие из пены высушили с использованием потока

сжатого воздуха и кальцинировали при температуре 500°C. Толщина покрытия из пены составляла 16,1 мм, когда измерение проводили на выходной стороне. Полученный катализатор имел содержание Pt 60 г·фут⁻³ (2,1 г/дм³), и содержание покрытия 1,4 г·дм⁻³ (85,4 г/дм³) твердой пены на покрытом участке.

Катализатор разрезали в продольном направлении в двух перпендикулярных плоскостях. Как показано в ФИГ. 8, с использованием оптического микроскопа для рассматривания поверхности слоя твердой пены удалось определить, что твердая пена имела открытую структуру с пузырями величиной между 20 и 250 мкм.

Толщину покрытия из слоя твердой пены измерили в 10 положениях, равномерно отстоящих друг от друга вдоль двух плоскостей разреза. Измеренные толщины покрытия имели среднее значение 15,7 мм и стандартное отклонение 0,7 мм.

Как показано ниже в Таблице 3, на проточные подложки были нанесены дозы в широком диапазоне для достижения различных толщин короткого покрытия.

Таблица 3: параметры покрытия

Наименование части	Вес дозы пены (г)	Количество использованной гидроксиэтилцеллюлозы, вес. %	Толщина покрытия (мм)
ASC-1	107	0	78,4
ASC-2	32	0	10,36
ASC-3	70	0,5	18,34
ASC-4	38	0,5	11,48
ASC-5	52	0,5	16,1
ASC-6	48	0,5	19,46
ASC-7	67	0	41,3
ASC-8	34	0	16,1
ASC-9	14	0	6,3

ПРИМЕР 6: ДОС-покрытие (невспененное)

Порошок оксида кремния-оксида алюминия суспендировали в воде и размалывали до $d_{90} < 20$ микрон (мкм). К суспензии добавили ацетат бария, затем надлежащие количества растворимых солей платины и палладия. Добавили бета-цеолит так, что суспензия содержала 77% оксида кремния-оксида алюминия и 23% цеолита по массе. Затем суспензию перемешивали до однородного состояния. Полученную композицию покрытия из пористого оксида нанесли на впускные каналы проточного монолита с использованием общепризнанного способа нанесения покрытий, как описано в патентном документе WO99/47260. Затем ее высушили и кальцинировали при температуре 500°C.

Вторую суспензию порошка оксида кремния-оксида алюминия в воде размалывали до $d_{90} < 20$ микрон (мкм). Добавили растворимую соль платины, с последующим добавлением нитрата марганца. Смесь перемешивали до однородного состояния. Суспензию нанесли на выпускной конец проточного монолита из кордиерита с использованием общепризнанного способа нанесения покрытий, как описано в патентном документе WO99/47260. Затем ее высушили и кальцинировали при температуре 500°C. Содержание марганца в части составляло 50 г·фут⁻³ (1,75 г/дм³). Готовый катализатор имел общее содержание Pt 112,5 г·фут⁻³ (3,94 г/дм³) и содержание Pd 37,5 г·фут⁻³ (1,31 г/дм³).

ПРИМЕР 7: зона улавливания улетучившейся Pt (вспененная)

Предварительно сформированный Pd на альфа-оксиде алюминия с удельной

площадью поверхности (SSA) $<10 \text{ м}^2/\text{г}$, включающем 1,2 вес.% Pd, суспендировали в воде и размалывали до $d_{90} < 20$ микрон (мкм). Добавили суспензию активированного бемита в качестве связующего материала (как 10% от общего содержания твердых веществ), и добавили воду, пока суспензия не стала иметь 25%-ное общее содержание твердых веществ. К суспензии добавили 0,6 вес.% загустителя на основе целлюлозы. Затем значение pH этой суспензии отрегулировали на pH 4,7 с помощью водного раствора аммиака, и добавили валериановую кислоту (0,2%). В суспензию нагнетали воздух с использованием захватывающей газ крыльчатки в течение 15 минут для получения стабильной пены.

Затем пену дозировали на выходную поверхность круглого, с диаметром 143,8 мм, длиной 97 мм, проточного монолита, с использованием общепринятого способа нанесения покрытий, как описано в патентном документе WO2011/080525, с получением покрытия с толщиной 8 мм. Деталь высушили и кальцинировали при температуре 500°C . **ФИГ. 12** показывает рентгеновское изображение покрытого монолита из ПРИМЕРА 7, включающего DOC-покрытие ПРИМЕРА 6 с вспененным покрытием для улавливания улетучившейся Pt. В этой фигуре выпускной канал находится на верху изображения, с коротким (6-10 мм) вспененным покрытием, видимым как темная полоса непосредственно на выходном конце.

При использовании подобного способа в некоторых вариантах исполнения толщина покрытия варьировала в диапазоне 6-10 мм.

Трубчатая печь для испытания летучести Pt

Испытания были проведены в лабораторном реакторе для первого модельного испытания каталитической активности (SCAT), иллюстрированном в **ФИГ. 9**, в котором состаренный керн покрытого SCR-катализатора на основе Cu/CHA-цеолита поместили в трубопровод ниже по потоку относительно керна из ПРИМЕРА 6 или 7. Через трубопровод пропускали искусственную газовую смесь со скоростью 6 литров в минуту. Печь использовалась для нагревания (или «состаривания») образцов DOC при температуре в стационарном состоянии с температурой выпускного канала катализатора 900°C в течение 2 часов. SCR-катализатор разместили ниже по потоку относительно DOC-образца и выдерживали при температуре катализатора 300°C во время процесса состаривания, с регулированием длины трубы между выходным патрубком печи и впускным каналом SCR, хотя по обстоятельствам могла бы использоваться теплообменная рубашка водяного охлаждения. Температуры определяли с использованием надлежащим образом позиционированных термопар (T_1 и T_2).

Использованная во время состаривания газовая смесь содержала 40% воздуха, 50% N_2 , 10% H_2O .

Результаты испытания производительности - испытание конверсии NO_x на SCR

Керны SCR протестировали на активность в конверсии NO_x с использованием настольного реактора с искусственным газом. Испытание проводили при температуре 500°C с использованием искусственной газовой смеси ($\text{O}_2=10\%$; $\text{H}_2\text{O}=5\%$; $\text{CO}_2=7,5\%$; $\text{NH}_3=325 \text{ млн}^{-1}$; $\text{NO}=500 \text{ млн}^{-1}$; $\text{NO}_2=0 \text{ млн}^{-1}$; N_2 =остальное количество, то есть, применялось значение коэффициента альфа 0,65 (отношение $\text{NH}_3:\text{NO}_x$), так, что максимально возможная конверсия NO_x достигалась на уровне 65%), и полученная конверсия NO_x показана в **ФИГ. 11**.

Во избежание неопределенности, все содержание любого и всех цитированных здесь

документов включено ссылкой в настоящую заявку.

(57) Формула изобретения

1. Способ нанесения на подложку покрытия из пены, причем способ включает:

(а) введение пены в подложку, включающую множество каналов, через открытые концы каналов на первом конце подложки;

(b) создание вакуума у открытых концов каналов на втором конце подложки, причем посредством вакуума втягивают пену в подложку через открытые концы каналов у первого конца;

(с) высушивание и/или кальцинирование подложки, содержащей стабилизированную частицами пену, для получения слоя твердой пены, размещенного на подложке или нанесенного на нее как на носитель;

причем подложка выполнена из материала, содержащего по меньшей мере одно из карбида кремния и кордиерита,

причем подложка представляет собой ячеистую монолитную подложку, имеющую множество каналов, проходящих продольно вдоль длины подложки,

причем пена включает дисперсный материал, и причем пена стабилизирована частицами.

2. Способ по п. 1, в котором стадия (а) включает стадии (i) удерживания подложки по существу вертикально и (ii) вдавливания или нагнетания пены в подложку через открытые концы каналов на первом конце.

3. Способ по п. 2, в котором стадия (ii) вдавливания или нагнетания пены в подложку тогда может представлять собой (ii) вдавливание или нагнетание пены с использованием поршня.

4. Способ по п. 1, в котором стадия (а) включает стадии (i) размещения вмещающего средства поверх первого конца подложки, (ii) дозирования пены во вмещающее средство и (iii) создания вакуума у открытых концов каналов на втором конце подложки.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором стадия (а) дополнительно включает введение пены в предварительно заданном количестве.

6. Способ по п. 1, в котором слой твердой пены включает открытаячеистую структуру.

7. Способ по п. 1 или 6, в котором слой твердой пены имеет объем ячеек, причем более 20% объема ячеек являются взаимосвязанными.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором пену получают или пена является получаемой способом, включающим стадии (i) приготовления суспензии дисперсного материала в водной среде и (ii) вспенивания суспензии введением газа в суспензию для генерирования стабилизированной частицами пены.

9. Способ по п. 8, в котором стадия (i) представляет собой стадию получения суспензии дисперсного материала в водной среде, содержащей амфифильное вещество.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором дисперсный материал имеет медианный размер частиц от 1 нм до 50 мкм.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором пена содержит пузырьки, имеющие диаметр от 1 мкм до 1 мм.

12. Устройство для регулирования выбросов для обработки или удаления загрязнителей из выхлопного газа, образованного двигателем внутреннего сгорания, причем устройство для регулирования выбросов включает слой твердой пены, размещенный на подложке, и причем слой твердой пены, размещенный на подложке,

(i) получен или является получаемым способом по любому из пп. 1-11 и/или

(ii) имеет открытаячеистую структуру.

13. Устройство по п. 12, причем слой твердой пены имеет объем ячеек, причем более 20% объема ячеек являются взаимосвязанными.

14. Устройство по п. 12 или 13, в котором слой твердой пены имеет медианный диаметр пор 1-100 мкм.

5 15. Устройство по любому из пп. 12-14, в котором слой твердой пены включает пузырчатые структуры, имеющие распределение по величине в диапазоне 5-500 мкм.

16. Устройство по любому из пп. 12-15, в котором слой твердой пены включает частично схлопнутую структуру.

10 17. Устройство по любому из пп. 12-16, в котором толщина слоя твердой пены составляет не более 500 мкм.

18. Устройство по любому из пп. 12-17, в котором слой твердой пены по существу локализован на стенках каналов.

19. Устройство по любому из пп. 12-14, в котором подложка представляет собой пористый монолит.

15 20. Устройство по любому из пп. 12-19, в котором слой твердой пены включает дисперсный материал.

21. Устройство по п. 20, в котором дисперсный материал представляет собой керамический материал, каталитический материал или материал сорбента.

20 22. Устройство по п. 21, в котором дисперсный материал представляет собой каталитический материал, содержащий каталитически активный металл, нанесенный на материал носителя.

23. Устройство по п. 22, в котором каталитически активный металл представляет собой по меньшей мере один переходный металл, выбранный из железа, меди, никеля, золота, платины, палладия, родия и рутения.

25 24. Устройство по п. 22 или 23, в котором материал носителя представляет собой жаростойкий оксид, алюминат металла или цеолит.

25. Устройство по п. 22 или 24, в котором материал носителя представляет собой жаростойкий оксид, который выбирается из группы, состоящей из оксида алюминия, оксида кремния, оксида титана, оксида магния, оксида циркония, оксида церия, оксида лантана и смешанного или сложного оксида двух или более из них, такого как оксид кремния-оксид алюминия, оксид титана-оксид алюминия, оксид циркония-оксид алюминия, оксид церия-оксид алюминия, оксид титана-оксид кремния, оксид циркония-оксид кремния, оксид циркония-оксид титана, оксид церия-оксид циркония, оксид церия-оксид циркония-оксид алюминия или оксид алюминия-оксид магния.

30 26. Устройство по любому из пп. 20-24, в котором дисперсный материал представляет собой композицию SCR-катализатора на основе оксида металла, композицию SCR-катализатора на основе молекулярного сита или их смесь.

27. Устройство по п. 26, в котором дисперсный материал представляет собой композицию SCR-катализатора на основе молекулярного сита, предпочтительно композицию SCR-катализатора на основе молекулярного сита, включающую образованное обменом на переходный металл молекулярное сито.

28. Устройство по п. 27, в котором переходный металл образованного обменом на переходный металл молекулярного сита представляет собой медь, и молекулярное сито представляет собой цеолит, имеющий структуру каркаса, представляемую инструкцией Framework Type Code как CHA.

45 29. Устройство по любому из пп. 20-24, в котором дисперсный материал представляет собой улавливающий материал для улетучившейся Pt, который включает частицы жаростойкого оксида и/или частицы Pt-легируемого металла.

30. Устройство по п. 29, дополнительно включающее каталитический материал, причем каталитический материал включает платину (Pt), и причем слой твердой пены размещен в контакте с выхлопным газом после контактирования выхлопного газа с каталитическим материалом, содержащим платину (Pt).

5 31. Применение устройства для регулирования выбросов по любому из пп. 12-30 в выхлопной системе двигателя внутреннего сгорания для предотвращения повышения противодавления внутри выхлопной системы.

32. Применение слоя твердой пены для улавливания улетучившейся платины (Pt) в выхлопной системе для обработки выхлопного газа, образованного двигателем
10 внутреннего сгорания с воспламенением, причем слой твердой пены представляет собой слой по п. 29 или 30.

15

20

25

30

35

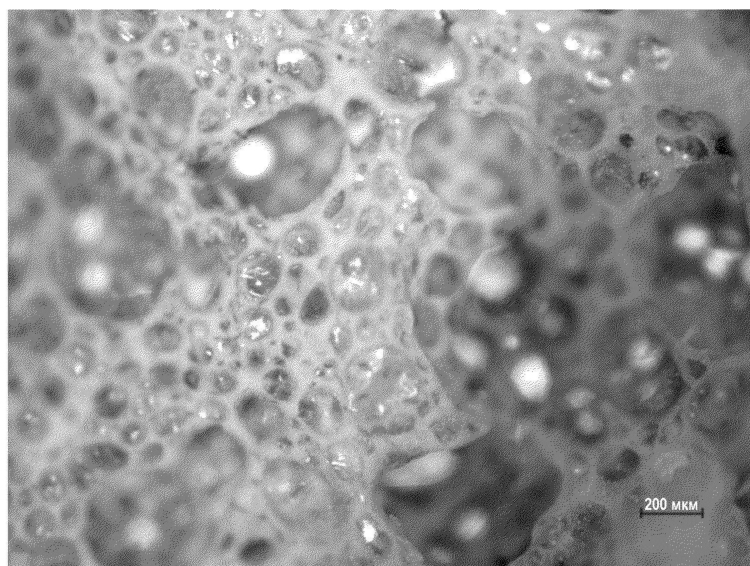
40

45

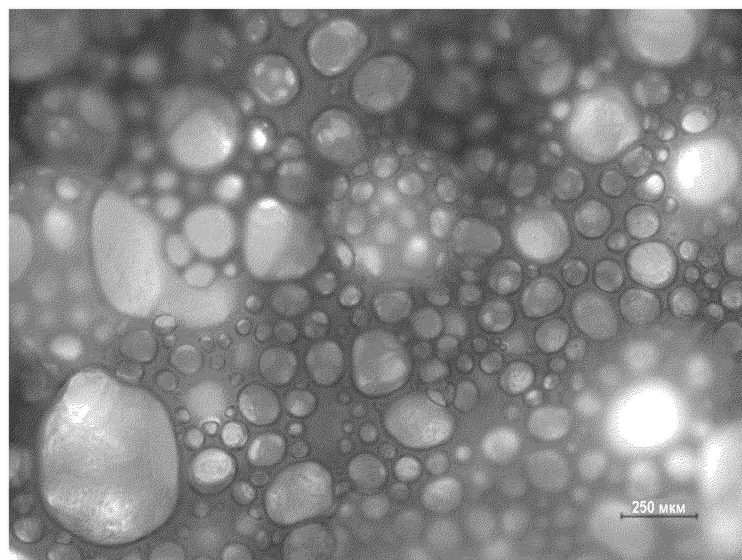
1

1/12

ФИГ.1



1a

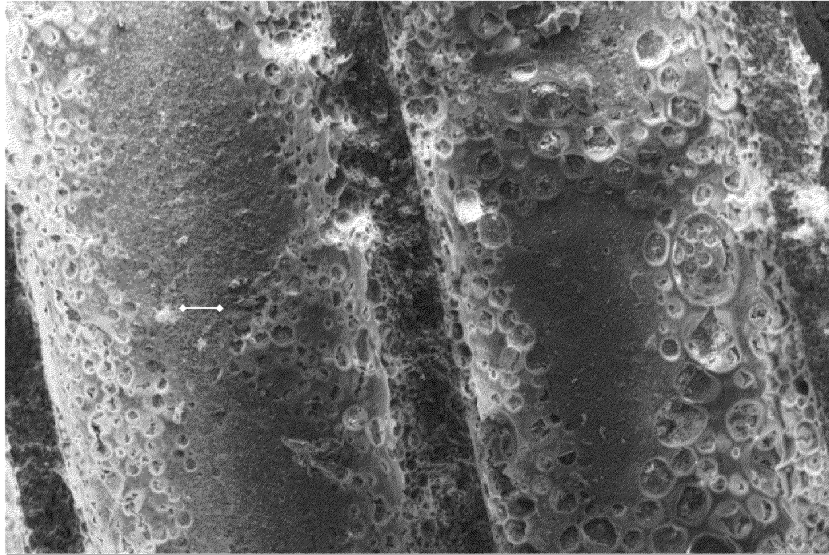


1b

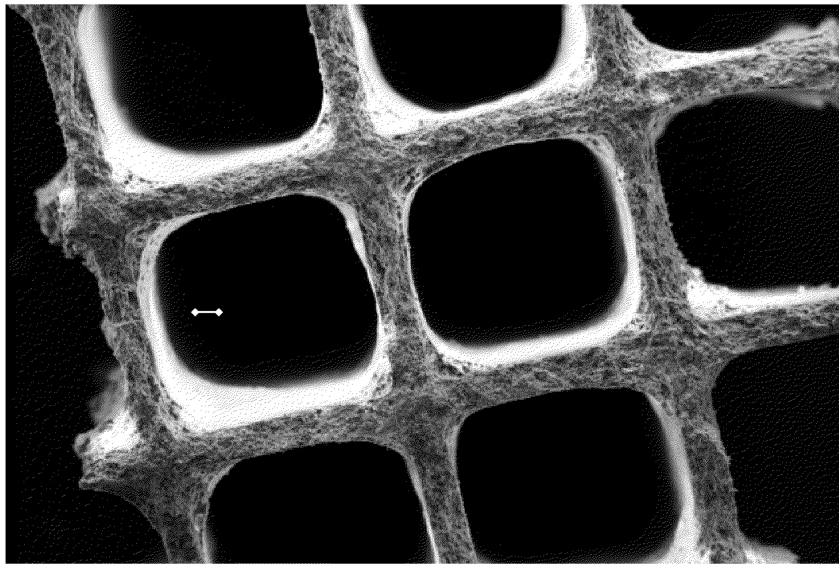
2

2/12

ФИГ.2



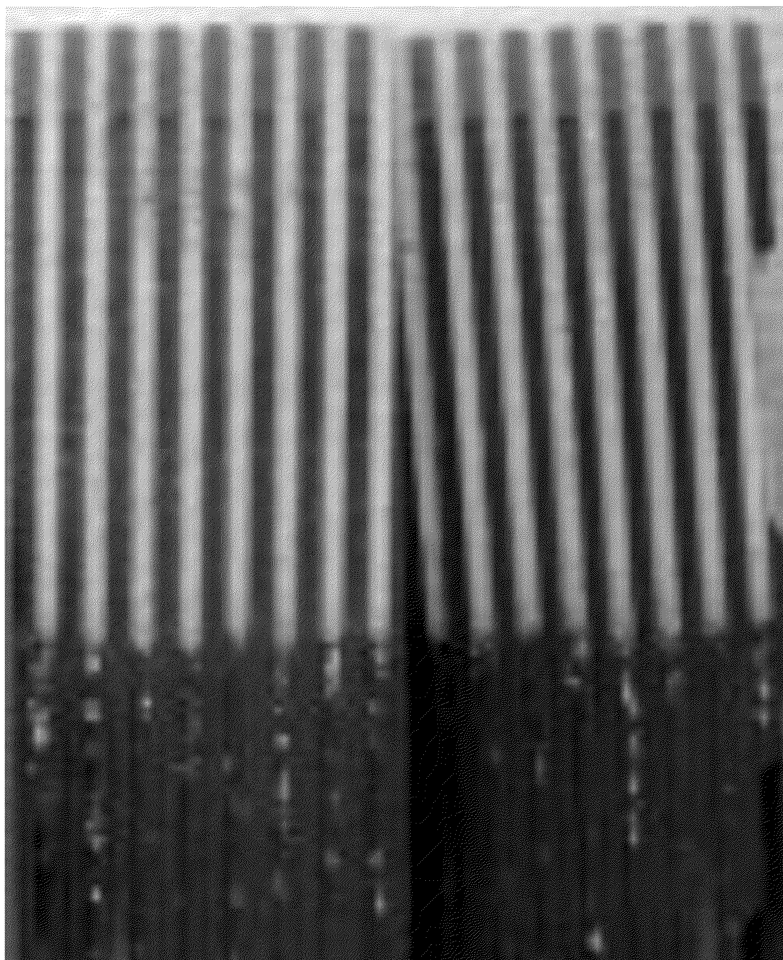
2a



2b

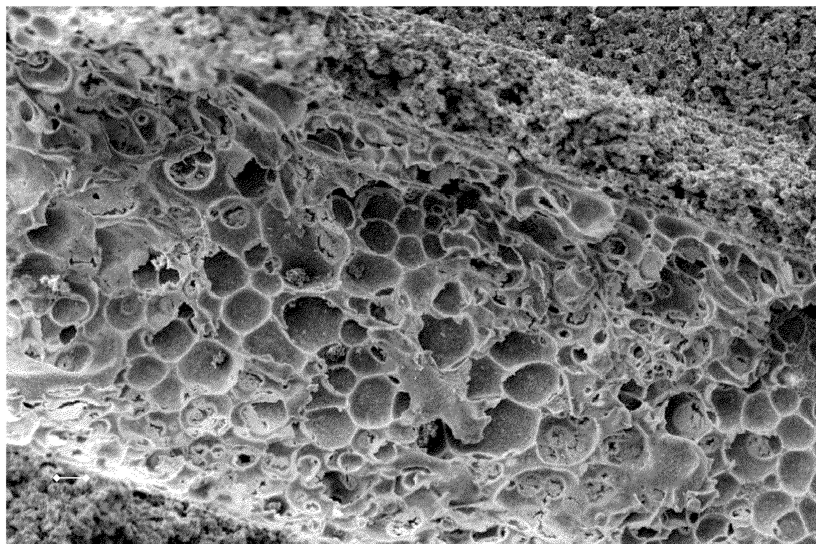
3/12

ФИГ.3

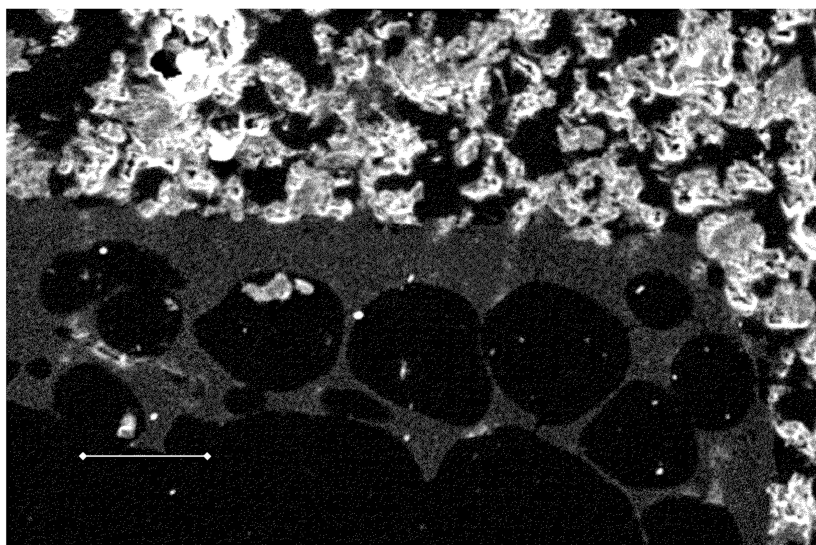


4/12

ФИГ.4



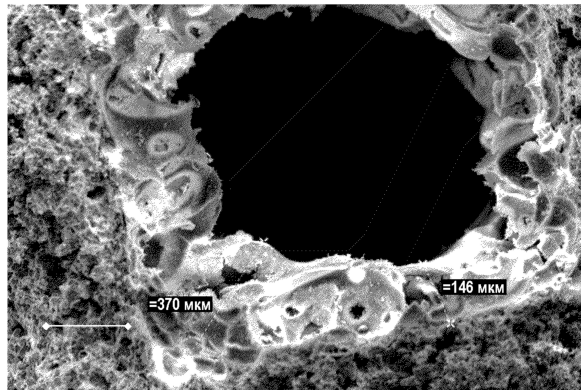
4a



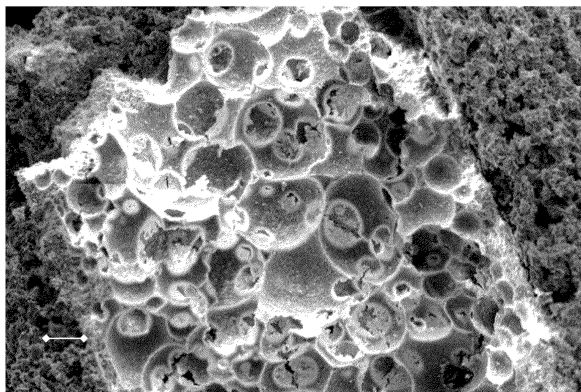
4b

5/12

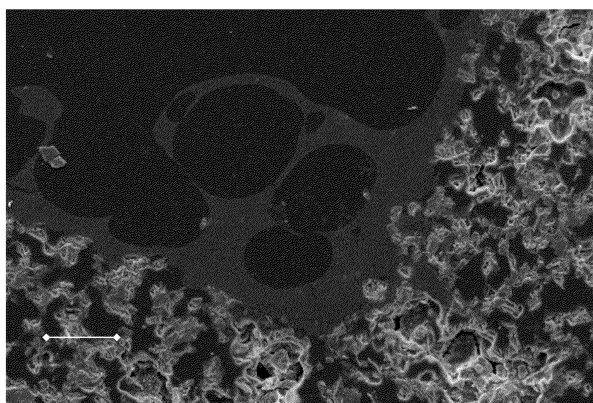
ФИГ.5



5a



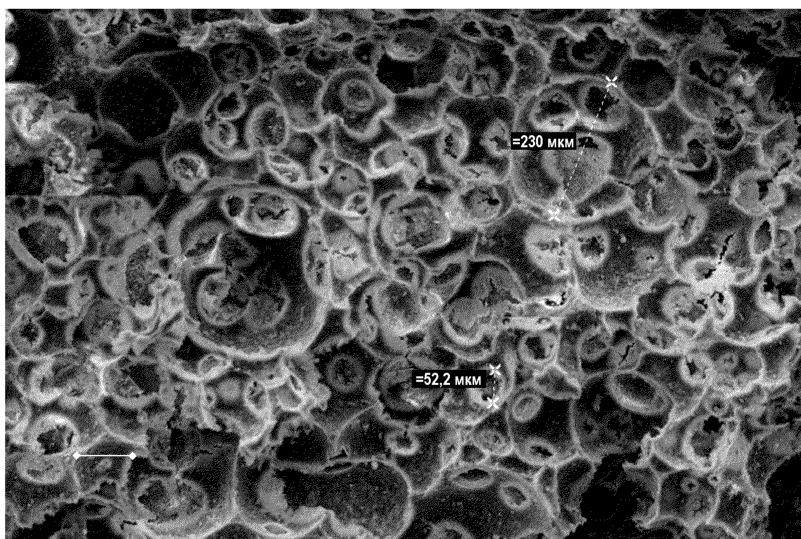
5b



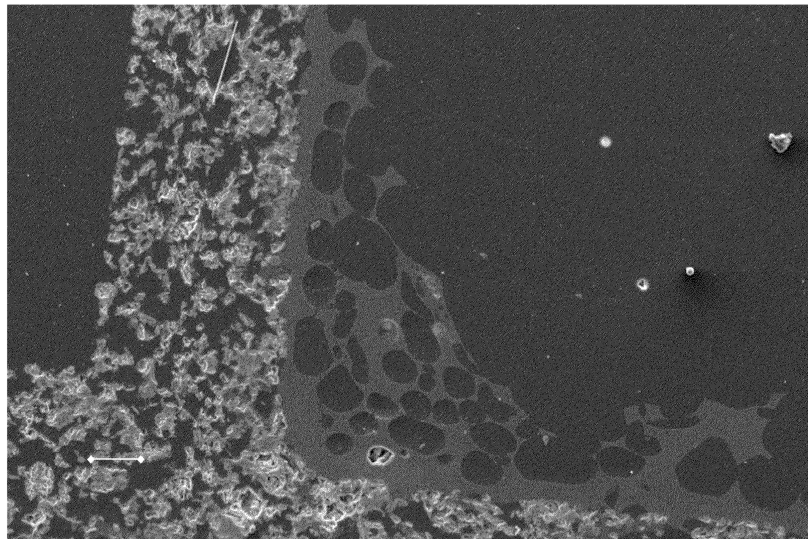
5c

6/12

ФИГ.6



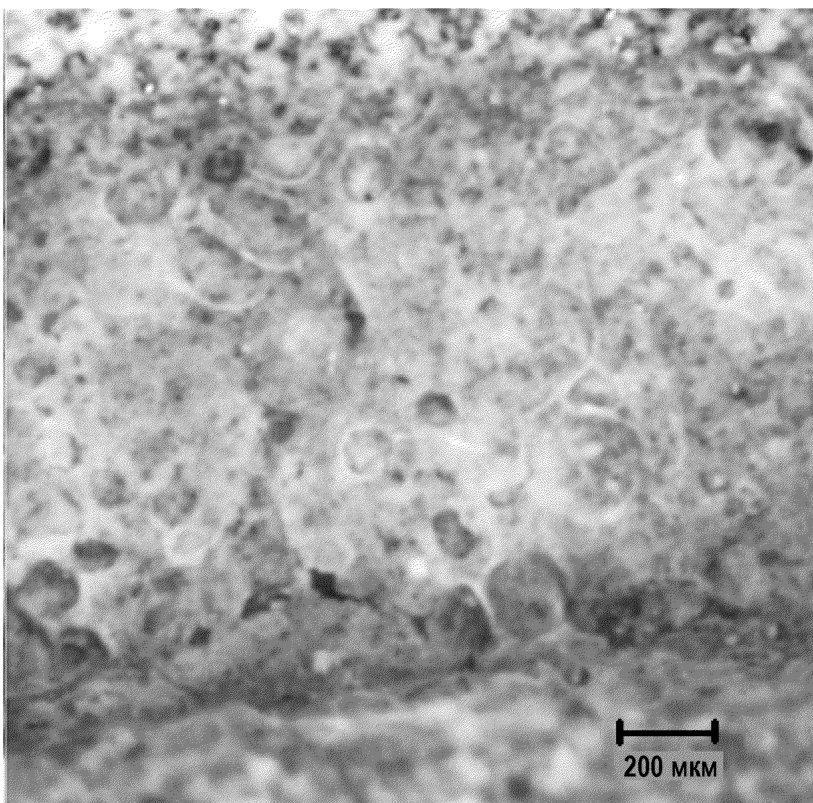
6a



6b

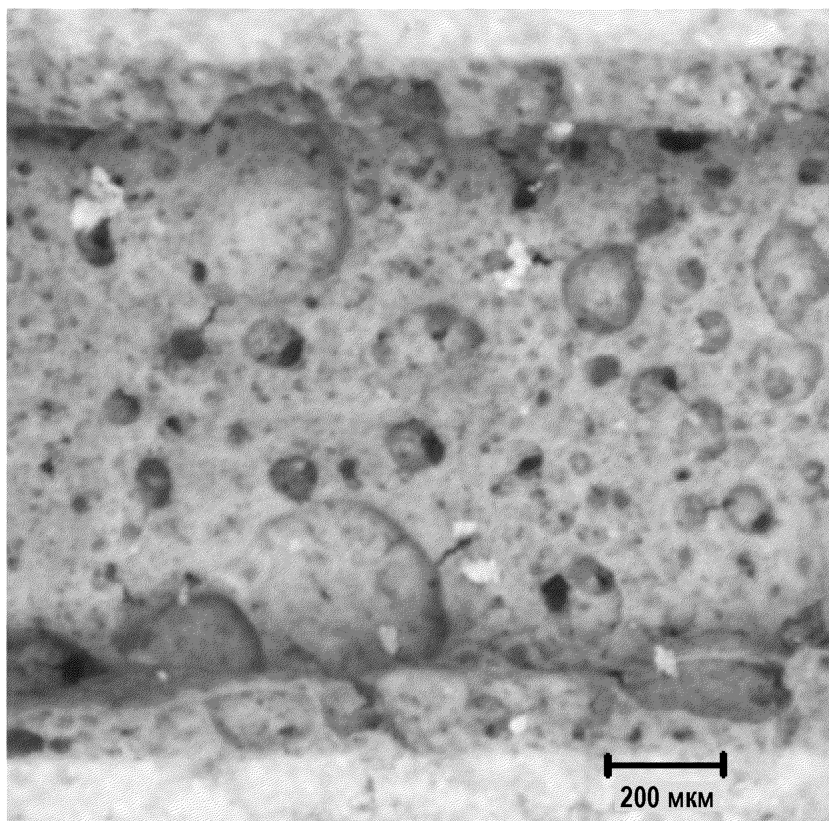
7/12

ФИГ.7



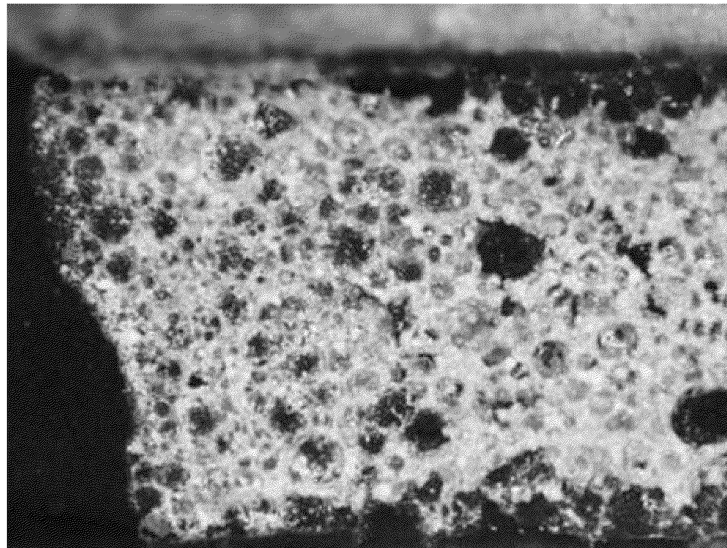
8/12

ФИГ.8

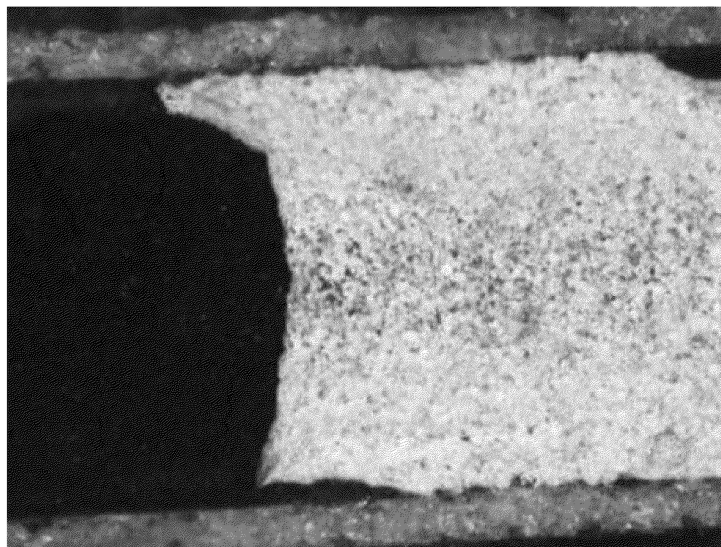


9/12

ФИГ.9



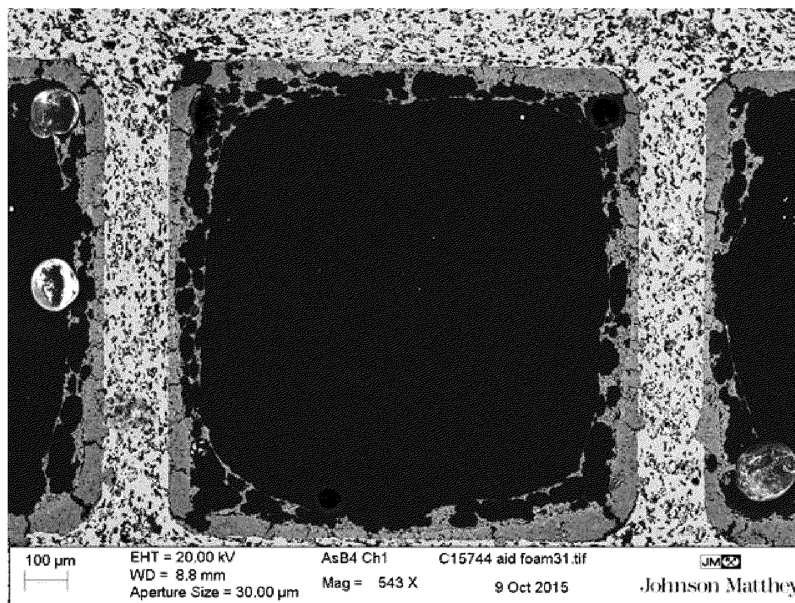
9a Изображение покрытия из пены



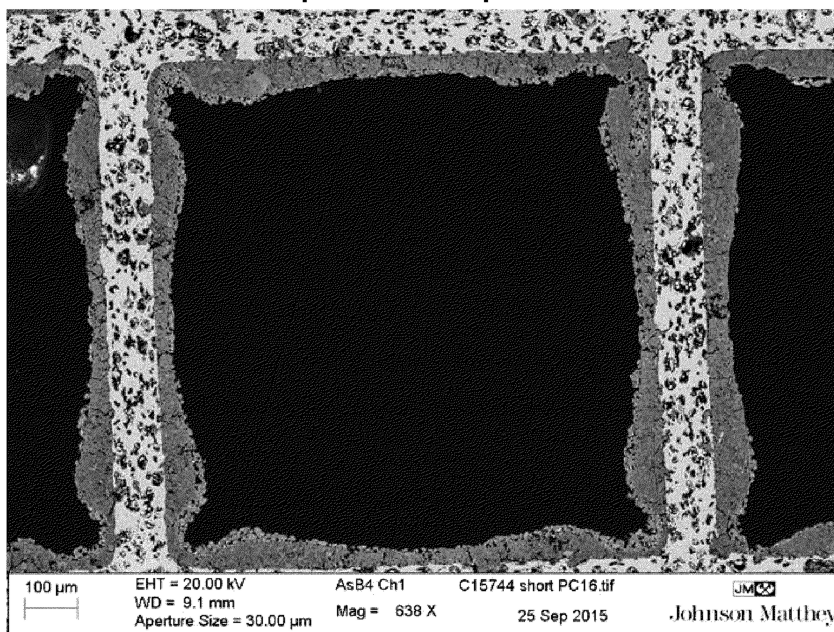
9b Изображение стандартного покрытия

10/12

ФИГ.10

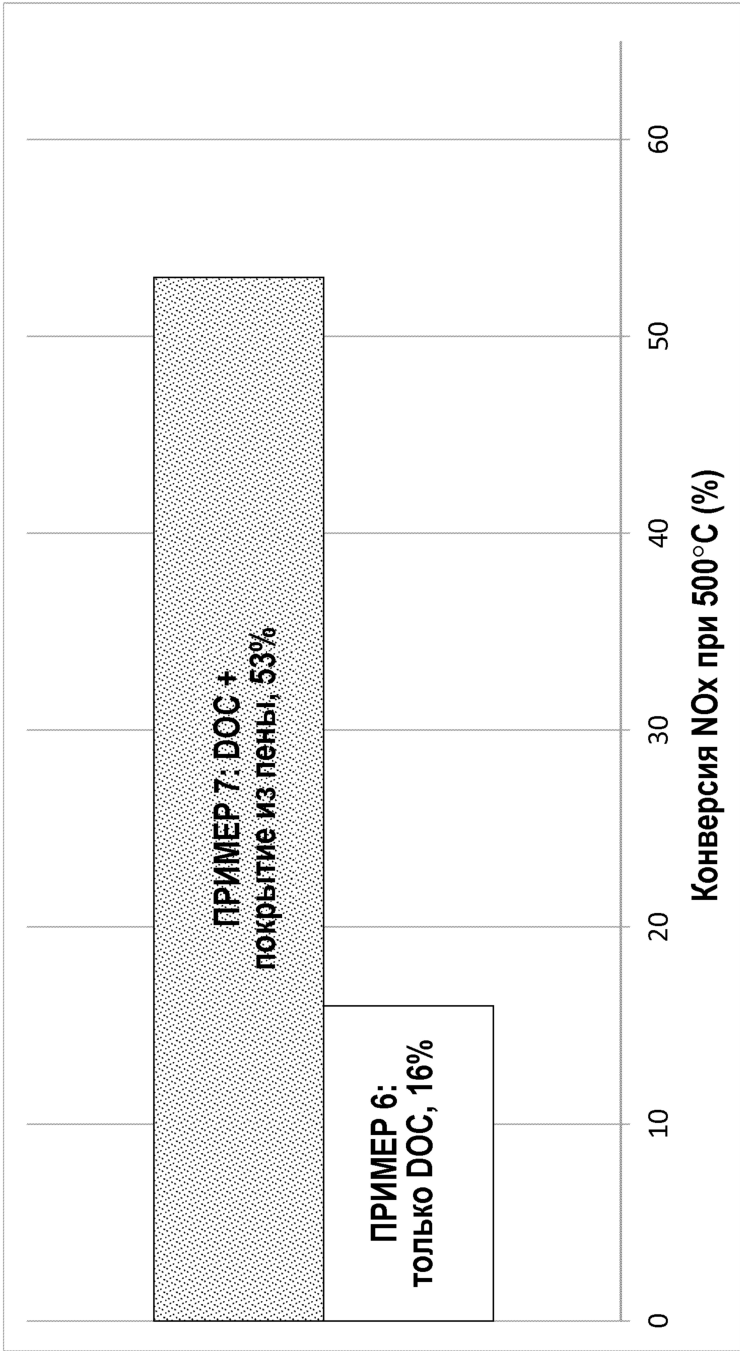


10a SEM-изображение покрытия из пены



10b SEM-изображение стандартного покрытия

ФИГ.11



12/12

ФИГ.12

