



(51) МПК  
*B01J 35/10* (2006.01)  
*B01D 53/94* (2006.01)  
*B01J 23/63* (2006.01)  
*B01J 37/02* (2006.01)  
*B01J 37/08* (2006.01)  
*F01N 3/28* (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*B01D 53/94* (2018.08); *B01D 53/945* (2018.08); *B01J 23/63* (2018.08); *B01J 35/10* (2018.08); *B01J 35/108* (2018.08); *B01J 37/02* (2018.08); *B01J 37/0244* (2018.08); *F01N 3/28* (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017133618, 24.03.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.03.2016

Дата регистрации:  
19.12.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
27.03.2015 JP 2015-065618

(45) Опубликовано: 19.12.2018 Бюл. № 35

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 27.10.2017

(86) Заявка РСТ:  
JP 2016/059310 (24.03.2016)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/158642 (06.10.2016)

Адрес для переписки:  
125009, Москва, а/я 332, ООО "Инэврика"

(72) Автор(ы):

СУДЗУКИ Хиромаса (JP),  
 МИУРА Масахидэ (JP),  
 САИТО Ёсинори (JP),  
 КАТОХ Сатори (JP),  
 ТАНАБЭ Тоситака (JP),  
 ХИАО Тэдухиро (JP),  
 ОХАСИ Тацуя (JP),  
 НАИТО Хироаки (JP),  
 ОРИ Хиротака (JP),  
 ТАКЭУТИ Митихико (JP),  
 НАРИТА Кэиити (JP)

(73) Патентообладатель(и):

ТОЙОТА ДЗИДОСЯ КАБУСИКИ  
 КАЙСЯ (JP),  
 КАТАЛЭР КОРПОРЕЙШН (JP)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: JP 2012-240027 А, 10.12.2012. JP 2013-180235 А, 12.09.2013. JP 2009-000663 А, 08.01.2009. JP 2006-314894 А, 24.11.2006. JP 2002-79087 А, 18.02.2002. RU 2529532 С2, 27.09.2014.

## (54) КАТАЛИЗАТОР ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНОГО ГАЗА

(57) Реферат:

Изобретение относится к катализатору очистки выхлопного газа, содержащему два или больше каталитических слоев покрытия на субстрате, в котором каждый каталитический слой покрытия содержит частицы катализатора, имеющие состав, отличающийся от прилегающего каталитического слоя покрытия. При этом в верхнем каталитическом слое покрытия средняя толщина слоя покрытия находится в диапазоне от 25 мкм до 160 мкм, пористость, измеренная способом взвешивания в воде, находится в диапазоне от 50 до 80% от объема, и поры с высоким относительным удлинением, имеющие

относительное удлинение, равное 5 или больше, занимают от 0,5 до 50% от общего объема пустот, и пора с высоким относительным удлинением имеет эквивалентный диаметр окружности от 2 мкм до 50 мкм на изображении поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа, и имеет среднее относительное удлинение от 10 до 50. Технический результат изобретения заключается в увеличении эффективности очистки выхлопного газа. 7 з.п. ф-лы, 18 ил., 16 табл., 133 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*B01J 35/10* (2006.01)  
*B01D 53/94* (2006.01)  
*B01J 23/63* (2006.01)  
*B01J 37/02* (2006.01)  
*B01J 37/08* (2006.01)  
*F01N 3/28* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*B01D 53/94* (2018.08); *B01D 53/945* (2018.08); *B01J 23/63* (2018.08); *B01J 35/10* (2018.08); *B01J 35/108* (2018.08); *B01J 37/02* (2018.08); *B01J 37/0244* (2018.08); *F01N 3/28* (2018.08)

(21)(22) Application: **2017133618, 24.03.2016**(24) Effective date for property rights:  
**24.03.2016**Registration date:  
**19.12.2018**

Priority:

(30) Convention priority:  
**27.03.2015 JP 2015-065618**(45) Date of publication: **19.12.2018 Bull. № 35**(85) Commencement of national phase: **27.10.2017**(86) PCT application:  
**JP 2016/059310 (24.03.2016)**(87) PCT publication:  
**WO 2016/158642 (06.10.2016)**Mail address:  
**125009, Moskva, a/ya 332, OOO "Inevrika"**

(72) Inventor(s):

**SUZUKI Hiromasa (JP),  
MIURA Masahide (JP),  
SAITO Yoshinori (JP),  
KATOH Satoru (JP),  
TANABE Toshitaka (JP),  
HIRAO Tetsuhiro (JP),  
OHASHI Tatsuya (JP),  
NAITO Hiroaki (JP),  
ORI Hirotaka (JP),  
TAKEUCHI Michihiko (JP),  
NARITA Keiichi (JP)**

(73) Proprietor(s):

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA  
(JP),  
CATALER CORPORATION (JP)**

(54) **CATALYST FOR EXHAUST GAS TREATMENT**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to an exhaust gas purification catalyst comprising two or more catalytic coating layers on a substrate, in which each catalytic coating layer contains catalyst particles having a composition different from the adjacent catalytic coating layer. In this case, in the upper catalytic layer of the coating, the average thickness of the coating layer is in the range from 25 mcm to 160 mcm, the porosity measured by the method of weighing in water is in the range from 50 to 80 % by volume, and pores with high

elongation, having an elongation of 5 or more, occupy from 0.5 to 50 % of the total void volume, and a pore with a high elongation has an equivalent diameter of from 2 microns to 50 microns in the cross-sectional image of the catalytic coating layer perpendicular to the flow direction of the exhaust gas, and has an average elongation of 10 to 50.

EFFECT: technical result of the invention is to increase the efficiency of purification of exhaust gas.

8 cl, 18 dwg, 16 tbl, 133 ex

Область техники

[0001]

Настоящее изобретение относится к катализатору очистки выхлопного газа. В частности, оно относится к катализатору очистки выхлопного газа, содержащему два или больше каталитических слоев покрытия, где верхний каталитический слой покрытия имеет пору с высоким относительным удлинением с определенной долей.

Уровень техники

[0002]

Выхлопной газ, выбрасываемый двигателем внутреннего сгорания автомобиля и т.п., содержит вредные газы, такие как окись углерода (СО), окись азота (NOx) и несгоревший углеводород (НС). Катализатор очистки выхлопного газа для разложения таких вредных газов, также называемый «трехходовым катализатором», обычно имеет ячеистый монолитный субстрат, выполненный из кордиерита и т.п., и каталитический слой покрытия, образованный на нем способом тонкого покрытия суспензией, содержащей частицу благородного металла, обладающего каталитической активностью, и дополнительный катализатор, обладающий способностью накопления кислорода (СНК).

[0003]

Были разработаны различные подходы для увеличения эффективности очистки, обеспечиваемой катализатором очистки выхлопного газа. Например, известна процедура, где в каталитическом слое покрытия образуют пустоту для увеличения диффузии выхлопного газа в каталитический слой покрытия. Например, известные методы образования пустоты в каталитическом слое покрытия содержат увеличение размера частиц катализатора или использование порообразующего материала, исчезающего для создания пустоты при обжиге катализатора на финальном этапе производства. Например, в Патентной литературе 1 раскрыт способ, в котором пустоту создают за счет добавления оксида магния с размером частиц от 0,1 до 3,0 мкм при формировании каталитического слоя.

[0004]

Если в каталитическом слое создана пустота, то толщина слоя катализатора становится увеличенной за счет пустоты, поэтому может быть увеличено падение давления в катализаторе, приводящее к снижению выходной мощности двигателя и/или топливной эффективности. Кроме того, пустота, созданная за счет любого из вышеуказанных способов, представляет собой следующие проблемы, например: снижается прочность каталитического слоя, или не достигается достаточная эффективность в связи с плохим соединением с пустотой. Принимая во внимание такую проблему, например, в Патентной литературе 2 раскрыт способ, в котором материал на основе углеродистых соединений, имеющий заранее установленную форму, подмешивается с целью его исчезновения при обжиге катализатора для создания данным образом пустоты в каталитическом слое, а именно такой пустоты, которая имеет режим регулярности распределения с учетом соотношения глубины и длины (Г/Д) в поперечном сечении, равный 2 или больше.

Список ссылочных материалов

Патентная литература

[0005]

Патентная литература 1: Патентная публикация Японии (Kokai) №2010-104897 А

Патентная литература 2: Патентная публикация Японии (Kokai) №2012-240027 А

Сущность изобретения

## Техническая задача

[0006]

Принимая во внимание проблематичное снижение каталитической активности катализатора, в котором используется два благородных металла, таких как Pt и Rh, в связи с образованием твердого раствора благородных металлов, известен двухходовой катализатор, в котором такие два благородных металла содержатся соответственно в различных слоях. В таком двухходовом катализаторе верхний слой, находящийся в непосредственном контакте с выхлопным газом, подвергается тяжелой нагрузке, а именно, воздействию высокой температуры и высокой концентрации газа, и поэтому должен иметь надлежащий объем каталитического покрытия для обеспечения достаточной термоустойчивости. При увеличенном объеме покрытия проблема состоит в том, что снижается диффузия газа в катализаторе, а также эффективность использования активного центра катализатора, что снижает характеристики очистки. В частности, характеристикой очистки катализатора является скорость диффузии газа, наблюдаемая в условиях большой массы входящего воздуха при ускорении и т.п. (в условиях большой массы входящего воздуха или в условиях высокой Ga: то же самое, что и высокая объемная скорость или условия высокой объемной скорости), поэтому указанная проблема возникает именно в таких условиях. Однако способ для формирования каталитического покрытия, обеспечивающего достаточную диффузию газа даже при высокой Ga, так и не был разработан.

## Решение проблемы

[0007]

Авторы настоящего изобретения провели исследования для решения вышеуказанных проблем и в результате обнаружили, что при использовании органического волокна заранее установленной формы в качестве порообразующего материала может быть сформировано каталитическое покрытие, которое имеет пору с высоким относительным удлинением с отличной проводимостью, и которое обеспечивает отличную диффузию газа. Авторы настоящего изобретения затем обнаружили, что такое каталитическое покрытие целесообразно использовать в качестве верхнего слоя многослойного катализатора, имеющего два или больше каталитических слоев покрытия, что увеличивает характеристики очистки в условиях высокого Ga с сохранением термоустойчивости. Сущность настоящего изобретения следующая.

[0008]

(1) Катализатор очистки выхлопного газа, содержащий два или больше каталитических слоев покрытия на субстрате, в котором каждый каталитический слой покрытия содержит частицы катализатора, имеющие состав, отличающийся от прилежащего каталитического слоя покрытия; в верхнем каталитическом слое покрытия средняя толщина слоя покрытия находится в диапазоне от 25 мкм до 160 мкм, пористость, измеренная способом взвешивания в воде, находится в диапазоне от 50 до 80% от объема, и поры с высоким относительным удлинением, имеющие относительное удлинение, равное 5 или больше, занимают от 0,5 до 50% от общего объема пустот, и пора с высоким относительным удлинением имеет эквивалентный диаметр окружности от 2 мкм до 50 мкм на изображении поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа, и имеет среднее относительное удлинение от 10 до 50.

(2) Катализатор очистки выхлопного газа согласно пункту (1), у которого в верхнем

каталитическом слое покрытия, поры с высоким относительным удлинением ориентированы таким образом, что 80%-й кумулятивный угол при кумулятивном распределении угла на основании угла (угла раствора) между вектором в продольном направлении поры с высоким относительным удлинением и вектором в направлении

5 потока выхлопного газа на субстрате находится в диапазоне от 0 до 45 градусов.

(3) Катализатор очистки выхлопного газа согласно пункту (1) или (2), у которого при кумулятивном распределении размера частиц на основе площади поперечного сечения 15%-й кумулятивный размер частиц катализатора, содержащихся в верхнем каталитическом слое покрытия, находится в диапазоне от 3 мкм до 10 мкм.

10 (4) Катализатор очистки выхлопного газа согласно любому из пунктов с (1) по (3), у которого в верхнем каталитическом слое покрытия объем покрытия находится в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата.

(5) Способ производства катализатора очистки выхлопного газа, содержащего два или больше каталитических слоев покрытия на субстрате, при этом данный способ

15 содержит

этап формирования верхнего каталитического слоя покрытия с использованием катализаторной суспензии, причем

катализаторная суспензия содержит:

частицы благородного металла, обладающие каталитической активностью;

20 частицы оксида металла, имеющие 50%-й кумулятивный размер, равный от 3 мкм до 10 мкм при кумулятивном распределении размера частиц на основе объема; и волокнистую органическую субстанцию в количестве от 0,5 до 9,0 массовых частей на основе 100 массовых частей частицы оксида металла, при этом

волокнистая органическая субстанция имеет средний диаметр волокна в диапазоне

25 от 1,7 мкм до 8,0 мкм и среднее относительное удлинение в диапазоне от 9 до 40.

(6) Способ по пункту (5), содержащий этап формирования каталитического покрытия путем осуществления покрытия поверхности субстрата катализаторной суспензией так, что объем покрытия каталитического слоя покрытия после обжига находится в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата, и средняя толщина каталитического

30 слоя покрытия после обжига находится в диапазоне от 25 мкм до 160 мкм.

(7) Способ по пункту (5) или (6), содержащий этап удаления как минимум части волокнистой органической субстанции посредством обжига после осуществления покрытия поверхности субстрата катализаторной суспензией.

Полезные эффекты изобретения

35 [0009]

В катализаторе очистки выхлопного газа настоящего изобретения верхний каталитический слой покрытия имеет поры с высоким относительным удлинением, удовлетворяющие заранее установленным условиям, при этом значительно увеличивается диффузия газа в верхнем каталитическом слое покрытия. Таким образом,

40 катализатор очистки выхлопного газа настоящего изобретения может показывать достаточные характеристики очистки даже в условиях высокой Ga, имея достаточный объем каталитического покрытия для обеспечения термостойчивости.

[0010]

Настоящая заявка претендует на приоритет по патентной заявке Японии №2015-065618, содержание которой раскрыто в настоящем описании, и ее формула изобретения и чертежи которой представлены здесь.

Краткое описание чертежей

[0011]

Фигура 1 содержит принципиальные схемы, иллюстрирующие один пример измерительного способа фокусированного ионного пучка - сканирующей электронной микроскопии FIB-SEM. Фигура 1(A) является принципиальной схемой, иллюстрирующей часть поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате катализатора очистки выхлопного газа настоящего изобретения, Фигура 1(B) является принципиальной схемой, иллюстрирующей образец для тестового испытания, полученный посредством разрезания катализатора очистки выхлопного газа в осевом направлении в месте, обозначенном пунктирной линией на Фигуре 1(A), и Фигуре 1(C) схематично представляет SEM-изображение, полученное способом измерения FIB-SEM.

На Фигуре 2 представлена сканированная электронная микрофотография (SEM-фотография) поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате катализатора очистки выхлопного газа, полученного в Примере 5 по Тесту 1.

Фигура 3 является графиком, полученным посредством бинаризации SEM-фотографии с Фигуры 2.

На Фигуре 4 представлена схема двухмерной проекции, являющаяся примером трехмерной информации о поре, полученной посредством анализа непрерывного изображения поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате катализатора очистки выхлопного газа настоящего изобретения.

Фигура 5 является принципиальной схемой, иллюстрирующей пору в поперечном сечении каталитического слоя покрытия в каждой точке от А до Е на Фигуре 4.

Фигура 6 является принципиальной схемой, иллюстрирующей угол раствора поры с высоким относительным удлинением на схеме двухмерной проекции на Фигуре 4.

На Фигуре 7 показан график, представляющий результаты оценочных тестов характеристик катализаторов, полученных в Примерах с 1 по 42 и Сравнительных примерах с 1 по 133 по Тесту 1, а также представляющий взаимосвязь между объемом покрытия каталитического слоя покрытия и эффективностью преобразования NOx.

На Фигуре 8 показан график, представляющий результаты оценочных тестов характеристик катализаторов, полученных в Примерах с 1 по 42 и Сравнительных примерах с 1 по 133 по Тесту 1, а также представляющий взаимосвязь между средней толщиной каталитического слоя покрытия и эффективностью преобразования NOx.

На Фигуре 9 показан график, представляющий результаты оценочных тестов характеристик катализаторов, полученных в Примерах с 1 по 42 и Сравнительных примерах с 1 по 133 по Тесту 1, а также представляющий взаимосвязь между размером частиц катализатора и эффективностью преобразования NOx.

На Фигуре 10 показан график, представляющий результаты оценочных тестов характеристик катализаторов, полученных в Примерах с 1 по 42 и Сравнительных примерах с 1 по 133 по Тесту 1, а также представляющий взаимосвязь между пористостью каталитического слоя покрытия и эффективностью преобразования NOx.

На Фигуре 11 показан график взаимосвязи между относительным удлинением и частотой поры с высоким относительным удлинением для катализатора, полученного в Примере 5 по Тесту 1, и взаимосвязь между относительным удлинением и частотой поры катализатора, полученного в Сравнительном примере 4.

На Фигуре 12 показан график, представляющий результаты оценочных тестов характеристик катализаторов, полученных в Примерах с 1 по 42 и Сравнительных примерах с 1 по 133 по Тесту 1, а также представляющий взаимосвязь между средним

относительным удлинением поры с высоким относительным удлинением и эффективностью преобразования NOx.

На Фигуре 13 показан график, представляющий результаты оценочных тестов характеристик катализаторов, полученных в Примерах с 1 по 42 и Сравнительных примерах с 1 по 133 по Тесту 1, а также представляющий взаимосвязь между долей поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот и эффективностью преобразования NOx.

На Фигуре 14 показан график взаимосвязь между углом раствора и кумулятивной долей поры с высоким относительным удлинением для катализатора, полученного в Примере 16 по Тесту 1.

На Фигуре 15 показан график, представляющий результаты оценочных тестов характеристик катализаторов, полученных в Примерах с 1 по 42 и Сравнительных примерах с 1 по 133 по Тесту 1, а также представляющий взаимосвязь между 80%-ым кумулятивным углом поры с высоким относительным удлинением и эффективностью преобразования NOx.

На Фигуре 16 показан график, представляющий собой результаты измерений максимального количества поглощения кислорода ( $C_{max}$ ) в условиях высокой Ga для катализаторов (Сравнительные примеры с 1 по 3 и Пример 1), изготовленных в Тесте 2.

На Фигуре 17 показан график, представляющий собой результаты измерений эффективности преобразования NOx в условиях высокой Ga для катализаторов (Сравнительные примеры с 1 по 3 и Пример 1), изготовленных в Тесте 2.

На Фигуре 18 показан график, представляющий собой результаты измерений температуры (T50-NOx), при которой эффективность преобразования NOx после теста на долговечность катализатора (Сравнительные примеры с 1 по 3 и Пример 1), изготовленного в Тесте 2, составляет 50%.

Раскрытие вариантов осуществления изобретения  
[0012]

[Катализатор очистки выхлопного газа]

Катализатор очистки выхлопного газа по настоящему изобретению содержит два или больше каталитических слоев покрытия на субстрате, и каждый каталитический слой покрытия содержит частицы катализатора с составом, отличающимся от смежного каталитического слоя покрытия. Средняя толщина верхнего каталитического слоя покрытия составляет от 25 до 160 мкм, пористость, измеренная способом взвешивания в воде, находится в диапазоне от 50 до 80% от объема (далее - также об. %), и поры с высоким относительным удлинением, имеющие относительное удлинение 5 или более, составляют от 0,5 до 50 об. % от всего объема пустот. Пора с высоким относительным удлинением имеет эквивалентный диаметр окружности от 2 до 50 мкм на изображении поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа, и имеет среднее относительное удлинение от 10 до 50.

[0013]

(Субстрат)

Известный субстрат, имеющий ячеистую форму, может быть использован в качестве субстрата катализатора очистки выхлопного газа по настоящему изобретению, и ячеистый монолитный субстрат (ячеистый фильтр, ячейки высокой плотности и т.п.) и т.п., в частности, подходит для использования. Материал такого субстрата также не имеет конкретных ограничений, и подходящим для использования может быть субстрат, выполненный из керамики, такой как кордиерит, карбид кремния, кремнезем, окись

алюминия и муллит, или субстрат, выполненный из металла, такого как нержавеющая сталь, включающая хром и алюминий. Из них предпочтительным является кордиерит с точки зрения стоимости.

[0014]

5 (Каталитический слой покрытия)

Каталитические слои покрытия в катализаторе очистки выхлопного газа по настоящему изобретению сформированы на поверхности субстрата и образованы в количестве двух или больше, а именно, в количестве двух, трех, четырех или больше слоев. Предпочтительно, чтобы каталитический слой покрытия в катализаторе очистки выхлопного газа по настоящему изобретению имел двухслойную структуру. Каждый каталитический слой покрытия имеет состав, отличающийся от состава смежного каталитического слоя покрытия. Кроме того, каждый каталитический слой покрытия 10 необязательно должен быть однородным на всем субстрате катализатора очистки выхлопного газа, и может иметь различный состав для каждой секции субстрата, например, для верхней зоны и нижней зоны по направлению потока выхлопного газа. В данной заявке различный состав означает, что каждый компонент, образующий частицу катализатора, раскрытую ниже, является различным, например. Два или больше каталитических слоев покрытия могут быть разделены на верхний каталитический слой 15 покрытия и нижний(е) каталитический(е) слой(и) покрытия, который(е) находится(ются) ниже по отношению к верхнему каталитическому слою покрытия, при этом верхний каталитический слой покрытия имеет структуру, включающую большое количество пустот, как раскрыто ниже.

[0015]

Каждый каталитический слой покрытия содержит частицу катализатора, сформированную из благородного металла, который выступает в качестве основного катализатора, а также из оксида металла и т.п. Конкретные примеры оксидов металла, образующих частицу катализатора, включают оксид алюминия ( $Al_2O_3$ , глинозем), оксид церия ( $CeO_2$ , двуокись церия), оксид циркония ( $ZrO_2$ , двуокись циркония), оксид кремния 25 ( $SiO_2$ , кремнезем), оксид иттрия ( $Y_2O_3$ ) и оксид неодима ( $Nd_2O_3$ ), а также их сложные оксиды. Такие оксиды металлов могут быть использованы в комбинациях по два или более.

[0016]

Конкретные примеры благородных металлов, образующих частицу катализатора, включают платину (Pt), палладий (Pd), родий (Rh), золото (Au), серебро (Ag), иридий 35 (Ir) и рутений (Ru). Из них с точки зрения каталитических характеристик предпочтительным является как минимум один металл, выбранный из группы, состоящей из Pt, Rh, Pd, Ir и Ru, и особенно предпочтительным является как минимум один металл, выбранный из группы, состоящей из Pt, Rh и Pd. Предпочтительно, чтобы в одном каталитическом слое покрытия использовался один благородный металл.

[0017]

Предпочтительно, чтобы благородный металл был нанесен на оксид металла, описанный выше. Количество благородного металла, подлежащего нанесению, не имеет конкретного ограничения, и подходящее его количество может быть 45 предусмотрено в зависимости от планируемой конструкции и т.п. Содержание благородного металла предпочтительно должно составлять от 0,01 до 10 массовых частей, более предпочтительно - от 0,01 до 5 массовых частей применительно к металлу на основе 100 массовых частей частицы катализатора. Слишком маленькое количество

благородного металла, подлежащего нанесению, приводит к недостаточной активности катализатора, и с другой стороны слишком большое его количество приводит к перенасыщению активности катализатора и увеличению стоимости. Любое количество в пределах вышеуказанного предпочтительного диапазона не приведет к таким

5 проблемам.

[0018]

Верхний каталитический слой покрытия из двух или больше каталитических слоев покрытия, образованных на субстрате, подвергается тяжелой нагрузке, а именно, воздействию высокой температуры и высококонцентрированного газа, а также

10 агрессивных веществ, таких как сера (S) и углеводороды (HC), по сравнению с нижним (и) каталитическим(ими) слоем(ями) покрытия. Таким образом, для обеспечения катализатора, обладающего также необходимой долговечностью, в верхнем слое катализатора предпочтительно использование благородного металла, на каталитическую активность которого оказывает малое влияние нагрузка или

15 агрессивные вещества. Примеры такого благородного металла включают Rh. Дополнительно, примеры благородного металла с относительно малой устойчивостью к нагрузке и агрессивным веществам, использование которого предпочтительно в любом каталитическом слое покрытия, кроме верхнего, включают Pd и Pt.

[0019]

Объем покрытия одного каталитического слоя покрытия предпочтительно должно находиться в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата. Слишком малый объем покрытия не обеспечивает достаточные характеристики каталитической активности для частицы катализатора, и, таким образом, не обеспечивает достаточные характеристики катализатора, такие как характеристики очистки окислов азота NOx.

20 С другой стороны слишком большой объем покрытия также увеличивает падение давления, что снижает топливную эффективность. Любой объем в пределах вышеуказанного предпочтительного диапазона не приведет к таким проблемам. В данном случае более предпочтительно, чтобы объем покрытия одного каталитического слоя покрытия находился в диапазоне от 50 до 250 г/л объема, в частности, от 50 до

25 200 г/л от объема субстрата, с точки зрения баланса между падением давления, каталитическими характеристиками и долговечностью.

25

30

[0020]

Толщина одного каталитического слоя покрытия предпочтительно должна находиться в диапазоне от 25 до 160 мкм как средняя толщина. Слишком тонкий

35 каталитический слой покрытия не обеспечивает достаточные каталитические характеристики. С другой стороны, слишком толстый каталитический слой покрытия увеличивает падение давления при прохождении выхлопного газа и т.п. и не обеспечивает достаточные каталитические характеристики, такие как характеристики очистки окислов азота NOx. Любая толщина в пределах вышеуказанного предпочтительного диапазона

40 не приведет к таким проблемам. В данной случае более предпочтительно, чтобы толщина находилась в диапазоне от 30 до 96 мкм, в частности, от 32 до 92 мкм, с точки зрения баланса между падением давления, каталитическими характеристиками и долговечностью. Термин «толщина» каталитического слоя покрытия, используемый в данной заявке, означает длину каталитического слоя покрытия в направлении,

45 перпендикулярном центру плоской части субстрата, а именно, кратчайшему расстоянию между поверхностью каталитического слоя покрытия и поверхностью субстрата (поверхность соприкосновения с нижним каталитическим слоем покрытия, при наличии нижнего каталитического слоя покрытия). Средняя толщина каталитического слоя

покрытия может быть определена посредством, например, наблюдения каталитического слоя покрытия при помощи сканирующего электронного микроскопа (SEM - Scanning Electron Microscope) или оптического микроскопа для измерения толщины в каждой из 10 или больше точек и расчета средней толщины.

5 [0021]

При кумулятивном распределении частиц по размеру на основе площади поперечного сечения, 15% частиц катализатора (D15) в каталитическом слое покрытия предпочтительно имеют размер в диапазоне от 3 до 10 мкм, что применительно, как минимум, к верхнему каталитическому слою покрытия. Слишком малый размер частиц катализатора приводит к низкой пористости и низкой диффузии газа, и, таким образом, не обеспечивает достаточные каталитические характеристики, такие как характеристики очистки окислов азота NOx. С другой стороны, слишком большой их размер приводит к высокому диффузному сопротивлению газа в каталитическом слое покрытия, и, таким образом, не обеспечивает достаточные каталитические характеристики, такие как характеристики очистки окислов азота NOx. Любой размер частиц в пределах вышеуказанного предпочтительного диапазона не приведет к таким проблемам. В данном случае при кумулятивном распределении частиц по размеру на основе площади поперечного сечения, 15% частиц катализатора более предпочтительно имеют размер в диапазоне от 3 до 9 мкм, в частности от 3 до 7 мкм, с точки зрения баланса между диффузионным сопротивлением газа в каталитическом слое покрытия и обеспечения покрывающей способности суспензии.

15 [0022]

Размер 15%-й доли (D15) в кумулятивном распределении частиц катализатора по размеру может быть определен посредством, например, наблюдения при помощи SEM за поперечным сечением каталитического слоя покрытия. В частности, примером процедуры может быть следующее: катализатор очистки выхлопного газа погружают в эпоксидную смолу и т.п.; выполняют SEM-наблюдение (увеличение: от 700 до 1500 раз, разрешающая способность: 0,2 мкм/пиксель или больше) за разрезанием поперечного сечения в радиальном направлении субстрата; и при кумулятивном распределении размера частиц на основе площади поперечного сечения рассчитывают размер 15%-й доли частиц катализатора (далее - кумулятивный размер 15%). В данном случае кумулятивный размер 15% частиц катализатора (ниже иногда обозначают как «D15») означает размер частиц катализатора, соответствующий размеру 15%-й доли частиц в пересчете на частоту (кумулятивная частота 15% на основе площади поперечного сечения) относительно всей площади поперечного сечения каталитического слоя покрытия, когда размер частиц катализатора (площадь поперечного сечения) накоплен с наибольшей площадью поперечного сечения частицы катализатора в порядке убывания при условии, что любая пора, для которой сумма площади поперечного сечения частицы катализатора составляет меньше  $0,3 \text{ мкм}^2$ , будет исключена в целях отделения от шума. Такое наблюдение предпочтительно проводить на квадратном участке в 200 мкм или больше в горизонтальном направлении к плоской части субстрата каталитического слоя покрытия и 25 мкм или больше в перпендикулярном направлении к плоской части субстрата. В данном случае размер частиц означает диаметр минимальной описанной окружности, если поперечное сечение не круглое.

45 [0023]

В то время как каталитический слой покрытия образован главным образом частицами катализатора, каталитический слой покрытия может также содержать другие компоненты, если это не снижает эффективность настоящего изобретения. Примеры

таких других компонентов включают другие оксиды металлов и добавки для использования в каталитическом слое покрытия при таком типе использования, и конкретные примеры включают один или несколько щелочных металлов, таких как калий (K), натрий (Na), литий (Li) и цезий (Cs), щелочноземельные металлы, такие как барий (Ba), кальций (Ca) и стронций (Sr), редкоземельные металлы, такие как лантан (La), иттрий (Y) и церий (Ce), и переходные металлы, такие как железо (Fe).

[0024]

(Верхний каталитический слой покрытия)

В верхнем каталитическом слое покрытия содержится большое количество пустот, и его пористость предпочтительно должна находиться в диапазоне от 50 до 80 об. % при измерении способом взвешивания в воде. Слишком низкая пористость верхнего каталитического слоя покрытия снижает диффузию газа и, таким образом, не обеспечивает достаточные каталитические характеристики. С другой стороны, слишком высокая пористость увеличивает диффузию, что увеличивает долю газа, проходящего через слой покрытия без вступления в контакт с активным центром катализатора, не обеспечивая достаточные каталитические характеристики. Любая пористость в пределах вышеуказанного предпочтительного диапазона не приведет к таким проблемам. Более предпочтительно, чтобы пористость верхнего каталитического слоя покрытия находилась в диапазоне от 50,9 до 78,8 об. %, в частности, от 54 до 78,0 об. %, с точки зрения баланса между диффузией газа и каталитическими характеристиками.

[0025]

Термин «пустоты» в верхнем каталитическом слое покрытия означает пространство в каталитическом слое покрытия. Форма «пустот» не имеет конкретных ограничений, и, например, может быть сферической, эллиптической, цилиндрической, кубической (прямоугольная колонка), дисковой, со сквозными отверстиями и аналогичных форм. Такие пустоты содержат поры, такие как микропора с эквивалентным диаметром окружности поперечного сечения менее 2 мкм пора с высоким относительным удлинением, имеющая эквивалентный диаметр окружности поперечного сечения, равный 2 мкм или больше, и имеющая относительное удлинение, равное 5 или больше; и пора, имеющая эквивалентный диаметр окружности поперечного сечения, равный 2 мкм или больше, и не имеющая относительное удлинение, равное 5 или больше. Пористость верхнего каталитического слоя покрытия может быть определена при помощи, например, измерения катализатора очистки выхлопного газа только с верхним слоем покрытия посредством способа взвешивания в воде. В частности, пористость может быть измерена посредством, например, способа, предписанного в Японском промышленном стандарте R 2205.

[0026]

В катализаторе очистки выхлопного газа настоящего изобретения поры с высоким относительным удлинением, равным 5 или больше, составляют от 0,5 до 50 об. % от общего объема пустот в верхнем каталитическом слое покрытия. Пора с высоким относительным удлинением отличается тем, что эквивалентный диаметр окружности составляет от 2 до 50 мкм на изображении поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа, и имеет среднее относительное удлинение от 10 до 50. Соответственно, пора с эквивалентным диаметром окружности меньше 2 мкм не рассматривается как пора с высоким относительным удлинением даже при относительном удлинении, равном 5 и больше.

[0027]

Слишком низкое среднее относительное удлинение поры с высоким относительным

удлинением не обеспечивает достаточное соединение поры. С другой стороны, слишком высокое среднее относительное удлинение приводит к слишком высокой диффузии газа, и, таким образом, увеличивает долю газа, проходящего через слой покрытия без контакта с активным центром катализатора, не обеспечивая достаточные каталитические характеристики. Любое среднее относительное удлинение в пределах диапазона от 10 до 50 не приводит к таким проблемам. Более предпочтительно, чтобы среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением находилось в диапазоне от 10 до 35, в частности, в диапазоне от 10 до 30, принимая во внимание сопоставление диффузии газа с каталитическими характеристиками.

[0028]

Среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением в верхнем каталитическом слое покрытия может быть измерено посредством анализа изображения поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа (осевое направление ячеистого субстрата) на субстрате, из трехмерной информации для поры каталитического слоя покрытия, полученного способом FIB-SEM (Focused Ion Beam - Scanning Electron Microscope, фокусированный ионный пучок - сканирующая электронная микроскопия), рентгеновской КТ и т.п.

[0029]

В частности, например, в случае FIB-SEM анализа, сначала получают непрерывное изображение поперечного сечения (SEM-изображение) каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате, посредством FIB-SEM анализа. Затем полученное непрерывное изображение поперечного сечения анализируют и извлекают трехмерную информацию для поры, имеющей эквивалентный диаметр окружности поперечного сечения, равный 2 мкм или больше. На Фигуре 4 представлена схема двухмерной проекции, являющаяся примером результатов анализа трехмерной информации о поре, полученной посредством анализа непрерывного изображения поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате катализатора очистки выхлопного газа, в качестве одного примера результатов анализа трехмерной информации о поре. Как становится понятно из результатов анализа трехмерной информации о поре, показанных на Фигуре 4, форма поры является неопределенной, и расстояние, соединяющее начальную и конечную точки на непрерывном изображении поперечного сечения (SEM-изображение) поры, определено как «продольный размер». В данной заявке начальная и конечная точка соответствуют центрам тяжести на каждом SEM-изображении. Затем определяют суженную часть на пути соединения начальной и конечной точки по кратчайшему расстоянию на непрерывном изображении поперечного сечения (SEM-изображение) поры. Наименьшая часть, эквивалентный диаметр окружности которой составляет 2 мкм или больше, которая также является наименьшей среди суженных частей на SEM-изображении поперечного сечения, определена как «часть в форме горлышка», и эквивалентный диаметр ее окружности на SEM-изображении поперечного сечения определен как «размер части в форме горлышка» (в то время как в поре может присутствовать множество суженных частей, размер части в форме горлышка для расчета относительного удлинения определяют следующим образом: выбирают наименьшую суженную часть на пути, соединяющем начальную и конечную точки по кратчайшему расстоянию, и эквивалентный диаметр окружности поры на SEM-изображении поперечного сечения наименьшей суженной части (часть в форме горлышка) определяют как «размер части в форме горлышка»). Кроме того,

относительное удлинение поры определяют как «продольный размер/размер части в форме горлышка».

[0030]

Далее на Фигуре 5 показаны изображения поперечного сечения (SEM-изображения) (А) (начальной точки поры), (В) (части поры в форме горлышка), (С) (средней точки продольного размера поры), (D) (часть с максимальным диаметром, имеющая максимальный эквивалентный диаметр поры) и (Е) (конечная точка поры) с Фигуры 4. Фигура 5 является принципиальной схемой изображения поперечного сечения (SEM-изображения) поры в поперечном сечении каталитического слоя покрытия в точках от (А) до (Е) с Фигуры 4. Фигура 5(А) представляет собой принципиальную схему изображения поперечного сечения поры в начальной точке (одна концевая часть, где эквивалентный диаметр окружности поры составляет 2 мкм или больше) на схеме двухмерной проекции поры, показанной на Фигуре 4, и G1 представляет собой центр тяжести поры на изображении поперечного сечения. Фигура 5(В) представляет собой принципиальную схему изображения поперечного сечения поры в части в форме горлышка (имеющей эквивалентный диаметр окружности поры 2 мкм или больше и являющейся наименьшей суженной частью на пути соединения начальной и конечной точек на кратчайшем расстоянии) на схеме двухмерной проекции поры, показанной на Фигуре 4. Фигура 5(С) представляет собой принципиальную схему изображения поперечного сечения поры в средней точке на пути соединения начальной и конечной точек продольного размера на кратчайшем расстоянии на схеме двухмерной проекции поры, показанной на Фигуре 4. Фигура 5(D) представляет собой изображение поперечного сечения поры в положении, где эквивалентный диаметр окружности поры является максимальным на пути соединения начальной и конечной точек продольного размера на кратчайшем расстоянии на схеме двухмерной проекции поры, показанной на Фигуре 4. Фигура 5(Е) представляет собой принципиальную схему изображения поперечного сечения поры в конечной точке (другая концевая часть, где эквивалентный диаметр окружности поры составляет 2 мкм или больше) на схеме двухмерной проекции поры, показанной на Фигуре 4, и G2 представляет собой центр тяжести поры на изображении поперечного сечения. В данной заявке линейное расстояние соединения начальной точки (G1 на Фигуре 5(А)) поры и конечной точки (G2 на Фигуре 5(Е)) поры на Фигуре 5 определено как «продольный размер». Дополнительно часть, где эквивалентный диаметр на SEM-изображении поперечного сечения составляет 2 мкм или больше и является наименьшим среди суженных частей на пути соединения начальной и конечной точек поры на кратчайшем расстоянии, определен как «часть в форме горлышка», а эквивалентный диаметр ее окружности на SEM-изображении поперечного сечения определен как «размер части в форме горлышка». Относительное удлинение поры определено как «продольный размер/размер части в форме горлышка». Кроме того, «среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением в каталитическом слое покрытия» может быть определено следующим образом: относительные удлинения пор определяют в области в 500 мкм или больше в горизонтальном направлении плоской части субстрата каталитического слоя покрытия, 25 мкм или больше в перпендикулярном направлении, и 1000 мкм или больше в осевом направлении к плоской части субстрата, или в любой соответствующей области; и рассчитывают среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением, равным 5 или больше, среди определенных пор.

[0031]

Как раскрыто выше, доля пор с высоким относительным удлинением относительно

всего объема пустот в верхнем каталитическом слое покрытия находится в диапазоне от 0,5 до 50 об. %. Слишком низкая доля приведет к низкой соединяемости поры. С другой стороны, слишком высокая их доля приведет к недостаточной диффузии газа в направлении, перпендикулярном направлению потока выхлопного газа, что не обеспечит достаточных каталитических характеристик, и также приведет к отслаиванию и т.п. в связи со снижением прочности каталитического слоя покрытия. Любая доля в пределах вышеуказанного диапазона не приведет к таким проблемам. В данной заявке доля поры с высоким относительным удлинением относительно всего объема пустот предпочтительно должна находиться в диапазоне от 0,6 до 40,9 об. %, в частности, в диапазоне от 1 до 31 об. % с точки зрения баланса между диффузией газа, каталитическими характеристиками и прочностью каталитического слоя покрытия.

[0032]

Доля поры с высоким относительным удлинением относительно всего объема пустот в верхнем каталитическом слое покрытия может быть определена посредством деления пористости поры с высоким относительным удлинением (в области в 500 мкм или больше в горизонтальном направлении плоской части субстрата каталитического слоя покрытия, 25 мкм или больше в перпендикулярном направлении плоской части субстрата и 1000 мкм или больше в осевом направлении к плоской части субстрата или любой соответствующей области) на пористость каталитического слоя покрытия при измерении способом взвешивания в воде.

[0033]

Кроме того, в верхнем каталитическом слое покрытия пора с высоким относительным удлинением предпочтительно ориентирована таким образом, что при кумулятивном угловом распределении на основе угла, 80%-й кумулятивный угол (угол раствора) между вектором в продольном направлении поры с высоким относительным удлинением и вектором в направлении потока выхлопного газа на субстрате находится в диапазоне от 0 до 45 градусов. Таким образом, диффузия газа в направлении потока выхлопного газа (осевое направление ячеистого субстрата) может быть, в частности, увеличена для увеличения эффективности использования активного центра. Слишком большая доля 80% кумулятивного угла приведет к недостатку компонентов в осевом направлении диффузии газа, что снизит эффективность использования активного центра. Любой угол в пределах вышеуказанного предпочтительного диапазона не приведет к таким проблемам. В данной заявке предпочтительно, чтобы 80% кумулятивного угла находилось в диапазоне от 15 до 45 градусов, в частности, в диапазоне от 30 до 45 градусов, с точки зрения каталитических характеристик.

[0034]

Угол раствора (угол ориентации) поры с высоким относительным удлинением в верхнем каталитическом слое покрытия может быть измерен посредством анализа изображения поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа (осевое направление ячеистого субстрата) на субстрате, из трехмерной информации для поры каталитического слоя покрытия. В частности, например, в случае анализа FIB-SEM «угол раствора» может быть определен по углу между вектором в продольном направлении, полученному из «продольного размера» поры с высоким относительным удлинением, как указано выше, и вектором в направлении потока выхлопного газа на субстрате. Фигура 6 является принципиальной схемой, иллюстрирующей угол раствора (угол ориентации) поры с высоким относительным удлинением, а также иллюстрирующей один пример способа определения «угла раствора». На Фигуре 6 показан вектор (Y) в продольном направлении поры с

высоким относительным удлинением и вектор (X) в направлении потока выхлопного газа на субстрате со схемы двухмерной проекции на Фигуре 4, и угол между вектором (Y) в продольном направлении и вектором (X) в направлении потока выхлопного газа на субстрате определен как «угол раствора». Трехмерная информация о поре (трехмерное изображение) может быть подвергнута такому анализу изображения, чтобы на основе кумулятивного углового распределении рассчитать для угла раствора 80%-й кумулятивный угол. В данной случае 80%-й кумулятивный угол при кумулятивном угловом распределении угла раствора поры с высоким относительным удлинением означает угол раствора поры с высоким относительным удлинением, соответствующий углу раствора 80%-й доли в пересчете на частоту (кумулятивная частота в 80% на основе угла раствора) относительно общего количества пор с высоким относительным удлинением, когда количество пор с высоким относительным удлинением отсчитывается от поры с высоким относительным удлинением, имеющей наименьший угол раствора (градусы), в порядке возрастания. В данном случае 80%-й кумулятивный угол при кумулятивном угловом распределении угла раствора поры с высоким относительным удлинением может быть определен посредством случайного извлечения 20 или более пор с высоким относительным удлинением, и определения 80%-го кумулятивного угла при кумулятивном угловом распределении угла раствора поры с высоким относительным удлинением для обеспечения среднего значения.

20 [0035]

(Варианты осуществления использования катализатора очистки выхлопного газа)

Катализатор очистки выхлопного газа настоящего изобретения может быть использован отдельно или совместно с другим катализатором. Такой другой катализатор не имеет конкретных ограничений, и надлежащим образом может быть использован известный катализатор (например, в случае катализатора очистки выхлопного газа для автомобилей - окислительный катализатор, катализатор восстановления NO<sub>x</sub>, катализатор восстановления накопленного NO<sub>x</sub> (NSR catalyst - NO<sub>x</sub> storage reduction catalyst), катализатор улавливания NO<sub>x</sub> из бедной смеси (LNT catalyst - lean NO<sub>x</sub> trap catalyst), катализатор селективного восстановления NO<sub>x</sub> (SCR catalyst - NO<sub>x</sub> selective reduction catalyst) и т.п.).

30 [0036]

[Способ производства катализатора очистки выхлопного газа]

Способ для производства катализатора очистки выхлопного газа настоящего изобретения, в котором катализатор очистки выхлопного газа имеет на субстрате два или больше каталитических слоев покрытия, содержит этап формирования верхнего каталитического слоя покрытия с использованием катализаторной суспензии, содержащей частицу благородного металла, обладающую каталитической активностью, частицу оксида металла, имеющую 50%-й кумулятивный размер от 3 до 10 мкм при кумулятивном распределении размера частицы на основе объема, и волокнистую органическую субстанцию в количестве от 0,5 до 9,0 массовых частей на 100 массовых частей частицы оксида металла. Волокнистая органическая субстанция имеет средний диаметр волокна в диапазоне от 1,7 до 8,0 мкм и среднее относительное удлинение в диапазоне от 9 до 40. При покрытии субстрата катализаторной суспензией и последующем нагревании катализаторной суспензии предпочтительно удалить как минимум часть волокнистой органической субстанции для образования пустоты в каталитическом слое покрытия. В данном случае нижний(ие) каталитический(ие) слой(и) покрытия, расположенные ниже относительно верхнего каталитического слоя покрытия в каталитических слоях покрытия, могут быть образованы общеизвестным

способом, например, посредством использования той же катализаторной суспензии, что раскрыта выше, за исключением содержания волокнистой органической субстанции.

[0037]

(Частица оксида металла)

5 Частица оксида металла для использования в способе производства катализатора настоящего изобретения имеет 50%-й кумулятивный размер, равный от 3 до 10 мкм при кумулятивном распределении размера частиц на основе объема (D50). 50%-й кумулятивный размер предпочтительно должен представлять собой 50%-й кумулятивный размер при кумулятивном распределении размера частиц на основе объема, в котором  
10 размер частиц измерен способом лазерной дифракции. Оксид металла является тем же, что был описан выше в отношении частицы катализатора, содержащейся в каталитическом слое покрытия в катализаторе очистки выхлопного газа настоящего изобретения. Способ подготовки частицы оксида металла не имеет конкретных ограничений, и надлежащим образом может быть применен известный способ. В  
15 качестве такой частицы оксида металла может быть также использована доступная на рынке продукция. Примеры частицы оксида металла для использования в способе настоящего изобретения включают частицу оксида металла (включая частицу сложного оксида), подготовленную известным способом, частицу оксида металла, доступную на рынке (включая частицу сложного оксида), или их смесь, или дисперсионную жидкость,  
20 полученную посредством размешивания такой частицы в растворителе, таком как ионообменная вода.

[0038]

Слишком маленький размер частицы оксида металла приведет к слишком маленькому размеру частицы катализатора (15%-й кумулятивный размер на основе площади  
25 поперечного сечения) в каталитическом слое покрытия полученного катализатора очистки выхлопного газа, что приведет к снижению пористости каталитического слоя покрытия и, таким образом, снижению диффузии газа, что, в свою очередь, не обеспечит достаточных каталитических характеристик, таких как характеристики удаления NOx. С другой стороны слишком большой размер частицы оксида металла приведет к  
30 слишком большому размеру частицы катализатора (15%-й кумулятивный размер на основе площади поперечного сечения) в каталитическом слое покрытия полученного катализатора очистки выхлопного газа, что приведет к увеличению диффузионного сопротивления газа в частице катализатора и, таким образом, не обеспечит достаточных каталитических характеристик, таких как характеристики удаления NOx. Однако такие  
35 проблемы не возникнут, если 50%-й кумулятивный размер частицы оксида металла при кумулятивном распределении размера частиц на основе объема находится в диапазоне от 3 до 10 мкм. В данном случае размер частиц оксида металла предпочтительно должен находиться в диапазоне от 3 до 9 мкм, в частности, в диапазоне от 3 до 7 мкм, в пересчете на 50%-й кумулятивный размер на основе объема, с точки зрения баланса между  
40 обеспечением покрытия, дифракционной устойчивостью частиц катализатора и каталитическими характеристиками.

[0039]

Размер частицы (50%-й кумулятивный размер на основе объема) оксида металла можно измерить способом лазерной дифракции, как раскрыто выше. В частности,  
45 например, измерение проводится на (любых) 1000 или больше частиц оксида металла, отобранных случайным образом, в соответствии со способом лазерной дифракции при помощи аппарата лазерной дифракции, такого как лазерный дифракционный измерительный аппарат распределения размера частиц, и рассчитывается 50%-й

кумулятивный размер частицы оксида металла при кумулятивном распределении размера частиц на основе объема. В данном случае 50%-й кумулятивный размер частицы оксида металла на основе объема означает размер частицы оксида металла, соответствующий размеру частицы 50%-й доли в пересчете на частоту (кумулятивная частота в 50% на основе объема) относительно общего количества частиц оксида металла, если количество частиц оксида металла отсчитывается от наименьшего размера (площади) частицы оксида металла в порядке возрастания. В данном случае размер частиц означает диаметр минимальной описанной окружности, если поперечное сечение не круглое.

[0040]

Способ подготовки частицы оксида металла с таким размером частицы не имеет конкретных ограничений и заключается, например, в следующем: сначала обеспечивают сырьевой материал частицы оксида металла, такой как порошок частицы оксида металла; затем порошок частицы оксида металла и т.п. смешивают с дисперсионной средой, такой как ионообменная вода; и затем полученная среда подвергается перемешиванию, и рассеиванию порошка частицы оксида металла в дисперсионной среде, такой как вода, с использованием мельницы для среды, такой как шаровая мельница, другого измельчающего устройства перемешивающего типа и т.п. для регулирования размера частицы оксида металла. В данном случае условия перемешивания в случае использования мельницы для среды, такой как шаровая мельница, не имеют конкретных ограничений, и размер шаров, время обработки и скорость перемешивания предпочтительно должны находиться в диапазоне от 100 до 5000 мкм, от 3 минут до 1 часа и от 50 до 500 об/мин, соответственно.

[0041]

(Подготовка и применение суспензии катализатора)

В способе производства катализатора очистки выхлопного газа настоящего изобретения используют катализаторную суспензию, при этом катализаторная суспензия содержит частицу благородного металла, обладающую каталитической активностью, частицу оксида металла, имеющую 50%-й кумулятивный размер от 3 до 10 мкм при кумулятивном распределении размера частицы на основе объема, и волокнистую органическую субстанцию в количестве от 0,5 до 9,0 массовых частей на 100 массовых частей частицы оксида металла.

[0042]

Сырьевой материал благородного металла для подготовки частицы благородного металла не имеет конкретных ограничений, и его примеры включают раствор, полученный посредством растворения соли (например, ацетата, карбоната, нитрата, аммониевой соли, цитрата или соли динитродиамина) благородного металла (например, Pt, Rh, Pd или Ru или их композиция) или их смеси (например, тетрааминовый комплекс) в растворителе, таком как вода или спирт. Кроме того, количество благородного металла не имеет конкретного ограничения, и благородный металл может быть применен надлежащим образом в требуемом количестве в зависимости от планируемой конструкции и т.п., и количество предпочтительно должно составлять 0,01 масс. % или больше. В данном случае, если в качестве благородного металла используется платина, соль платины не имеет конкретных ограничений, и ее примеры содержат ацетат, карбонат, нитрат, аммониевую соль, цитрат или динитродиаминовую соль платины (Pt) или их смеси. Среди всех предпочтительной является динитродиаминовая соль, так как она легко наносится и обладает высокой дисперсностью. Если в качестве благородного металла используется палладий, соль палладия не имеет конкретных

ограничений, и ее примеры содержат раствор ацетата, карбоната, нитрата, аммониевой соли, цитрата или динитродиаминовую соль палладия (Pd) или их смеси. Среди всех предпочтительными являются нитрат или динитродиаминовая соль, так как они легко наносятся и обладают высокой дисперсностью. Кроме того, растворитель не имеет  
5 конкретных ограничений, и его примеры содержат растворитель, позволяющий растворение в форме ионов, такой как вода (предпочтительно чистая вода, такая как ионообменная вода и дистиллированная вода).

[0043]

Волокнистая органическая субстанция не имеет конкретных ограничений при условии,  
10 что она является субстанцией, которую можно удалить посредством этапа нагревания, раскрытого ниже, и ее примеры содержат волокно полиэтилентерефталата ПЭТ, акриловое волокно, нейлоновое волокно, целлюлозное химическое волокно и древесно-целлюлозное волокно. Среди них предпочтительно использование как минимум одного, выбранного из группы, состоящей из ПЭТ-волокна и нейлонового волокна, с точки  
15 зрения баланса между пригодностью к обработке и температурой сжигания. При использовании катализаторной суспензии, содержащей такую волокнистую органическую субстанцию, и, как минимум, частичном удалении волокнистой органической субстанции на последующем шаге, в каталитическом слое покрытия может быть образована пустота той же формы, что и волокнистая органическая  
20 субстанция. Пустота, образованная таким образом, может служить в качестве диффузионного пути выхлопного газа, и полученный катализатор может показывать отличные каталитические характеристики даже на участке под высокой нагрузкой с высоким расходом газа.

[0044]

Волокнистая органическая субстанция, используемая в способе производства катализатора настоящего изобретения, имеет средний диаметр волокна в диапазоне от 1,7 до 8,0 мкм. Слишком маленький средний диаметр волокна не обеспечивает  
25 эффективность поры с высоким относительным удлинением, что приводит к недостаточным каталитическим характеристикам. С другой стороны слишком большой средний диаметр волокна увеличивает толщину каталитического слоя покрытия, увеличивая тем самым падение давления, что приводит к снижению топливной  
30 эффективности. Любой средний диаметр волокна в пределах вышеуказанного диапазона не приведет к таким проблемам. Средний диаметр волокна волокнистой органической субстанции предпочтительно должен находиться в диапазоне от 2,0 до 6,0 мкм, в частности, в диапазоне от 2,0 до 5,0 мкм, с точки зрения баланса между каталитическими характеристиками и толщиной покрытия.

[0045]

Волокнистая органическая субстанция, используемая в способе производства катализатора настоящего изобретения, имеет среднее относительное удлинение в  
40 диапазоне от 9 до 40. Слишком низкое среднее относительное удлинение приводит к недостаточному соединению поры и, следовательно, к недостаточной диффузии газа. С другой стороны, слишком высокое среднее относительное удлинение приводит к слишком высокой диффузии газа, и, таким образом, увеличивает долю газа, проходящего через слой покрытия без контакта с активным центром катализатора, не обеспечивая  
45 достаточные каталитические характеристики. Любое среднее относительное удлинение в пределах вышеуказанного диапазона не приводит к таким проблемам. Предпочтительно, чтобы среднее относительное удлинение волокнистой органической субстанции находилось в диапазоне от 9 до 30, в частности, в диапазоне от 9 до 28, с

точки зрения баланса между диффузией газа и каталитическими характеристиками. В данном случае среднее относительное удлинение волокнистой органической субстанции определено как «средняя длина волокна/средний диаметр волокна». В данном случае длина волокна означает линейное расстояние, соединяющее начальную и конечную точки волокна. Средняя длина волокна может быть определена посредством случайного отбора 50 или больше волокнистых органических субстанций, измерения длины волокна каждой из волокнистых органических субстанций и расчета среднего значения. Дополнительно, средний диаметр волокна может быть определен посредством случайного отбора 50 или больше волокнистых органических субстанций, измерения диаметра волокна каждой из волокнистых органических субстанций и расчета среднего значения.

[0046]

В способе производства катализатора настоящего изобретения волокнистую органическую субстанцию используют в количестве от 0,5 до 9,0 массовых частей на 100 массовых частей частицы оксида металла в катализаторной суспензии для формирования верхнего каталитического слоя покрытия. Слишком маленькое количество волокнистой органической субстанции в смеси не обеспечит достаточную связь поры, что приведет к недостаточным каталитическим характеристикам. С другой стороны слишком большое количество увеличивает толщину каталитического слоя покрытия, увеличивая тем самым падение давления, что приводит к снижению эффективности топлива. Любое количество в пределах вышеуказанного диапазона не приведет к таким проблемам. В данном случае предпочтительно использование волокнистой органической субстанции в количестве от 0,5 до 8,0 массовых частей, в частности, от 1,0 до 5,0 массовых частей на основе 100 массовых частей частицы оксида металла в катализаторной суспензии с точки зрения баланса между каталитическими характеристиками и падением давления. В данном случае более предпочтительно, чтобы волокнистая органическая субстанция имела средний диаметр волокна в диапазоне от 2,0 до 6,0 мкм и среднее относительное удлинение от 9 до 30.

[0047]

Способ подготовки катализаторной суспензии не имеет конкретных ограничений. Частица оксида металла, сырьевой материал благородного металла и волокнистая органическая субстанция могут быть при необходимости смешаны с известным связующим компонентом и т.п., и надлежащим образом может быть использован известный метод. В данном случае условия такого смешивания не имеют конкретных ограничений. Например, скорость перемешивания и время обработки предпочтительно должны находиться в диапазоне от 100 до 400 об/мин и 30 минут или больше, соответственно, и волокнистая органическая субстанция может быть равномерно распределена и смешана с катализаторной суспензией. Порядок смешивания не имеет конкретных ограничений, и может быть применен любой из следующих способов, например: способ, в котором сырьевой материал благородного металла смешивают с дисперсионной жидкостью, содержащей частицу оксида металла для поддержки благородного металла, и затем с ней смешивают волокнистую органическую субстанцию; способ, в котором волокнистую органическую субстанцию смешивают с дисперсионной жидкостью, содержащей частицу оксида металла, а затем с ней смешивают сырьевой материал благородного металла; способ, в котором сырьевой материал благородного металла и волокнистую органическую субстанцию одновременно смешивают в дисперсионной жидкости, содержащей частицу оксида металла; и способ, в котором частицу оксида металла и волокнистую органическую

субстанцию смешивают с раствором, содержащим сырьевой материал благородного металла. Условия обработки не имеют конкретных ограничений и отбираются надлежащим образом в зависимости от конструкции катализатора очистки выхлопного газа и т.п., планируемого для использования.

5 [0048]

Поверхность субстрата, а именно, нижний каталитический слой покрытия на субстрате, покрыта катализаторной суспензией, содержащей волокнистую органическую субстанцию для образования слоя катализаторной суспензии предпочтительно таким образом, чтобы объем покрытия каталитического слоя покрытия после обжига  
10 находился в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата, и средняя толщина каталитического слоя покрытия после обжига находилась в диапазоне от 25 до 160 мкм. Способ покрытия не имеет конкретных ограничений, и может быть надлежащим образом применен известный способ. Конкретные примеры содержат способ, в котором ячеистый субстрат погружен для покрытия в катализаторную суспензию (способ  
15 погружения), способ тонкого покрытия и способ, в котором катализаторную суспензию впрыскивают при помощи средств впрыска. В данном случае поверхность ячеистого субстрата должна быть покрыта катализаторной суспензией при таких условиях покрытия, чтобы выполнялось следующее: объем покрытия каталитического слоя покрытия после обжига находится в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата, и  
20 средняя толщина каталитического слоя покрытия после обжига находится в диапазоне от 25 до 160 мкм.

[0049]

В способе производства катализатора настоящего изобретения субстрат покрывают катализаторной суспензией, а затем нагревают для выпаривания таким образом  
25 растворителя и т.п., содержащегося в суспензии, а также удаления волокнистой органической субстанции. Такое нагревание обычно производят посредством обжига субстрата, покрытого катализаторной суспензией. Предпочтительно, чтобы такой обжиг проводился при температуре в диапазоне от 300 до 800°C, в частности, от 400 до 700°C. Слишком низкая температура обжига может привести к оставшейся  
30 волокнистой органической субстанции, и с другой стороны, слишком высокая температура обжига приводит к спеканию частицы благородного металла. Любая температура обжига в пределах вышеуказанного предпочтительного диапазона не приведет к таким проблемам. Время обжига изменяется в зависимости от температуры обжига и предпочтительно должно составлять 20 минут или больше, более  
35 предпочтительно, от 30 минут до 2 часов. Кроме того, атмосфера обжига не имеет конкретных ограничений, и предпочтительно является воздухом или атмосферой инертного газа, такого как азот (N<sub>2</sub>).

[0050]

Катализатор очистки выхлопного газа, содержащий два или больше каталитических слоев покрытия может быть изготовлен посредством покрытия субстрата  
40 катализаторной суспензией и ее нагрева для образования данным образом на субстрате каталитического покрытия, и повторного покрытия полученного продукта катализаторной суспензией, отличающейся по составу, а именно, количеством и типами оксидов металла, благородного металла и т.п., и последующего нагрева повторяющимся  
45 способом. Катализатор очистки выхлопного газа настоящего изобретения может быть изготовлен посредством использования катализаторной суспензии, содержащей частицу благородного металла и частицу оксида металла для образования нижнего каталитического слоя покрытия, а затем - использования катализаторной суспензии,

содержащей волокнистую органическую субстанцию в дополнение к частице благородного металла и частице оксида металла для образования на нем верхнего каталитического слоя покрытия.

[0051]

5 Катализатор очистки выхлопного газа настоящего изобретения используют для способа очистки выхлопного газа, где выхлопной газ, выбрасываемый из двигателя внутреннего сгорания, контактирует с катализатором. Способ обеспечения контакта выхлопного газа с катализатором очистки выхлопного газа не имеет конкретных ограничений, и может быть надлежащим образом применен известный способ.

10 Например, может быть применен способ, в котором катализатор очистки выхлопного газа согласно настоящему изобретению расположен в трубе выхлопного газа, через которую течет газ, выпущенный из двигателя внутреннего сгорания, таким образом, обеспечивается контакт выхлопного газа, выпущенного из двигателя внутреннего сгорания, с катализатором очистки выхлопного газа.

15 [0052]

Катализатор очистки выхлопного газа настоящего изобретения показывает отличные каталитические характеристики даже в условиях высокой нагрузки с высоким расходом газа. Поэтому, например, когда выхлопной газ, выброшенный из двигателя внутреннего сгорания автомобиля и т.п., контактирует с катализатором очистки выхлопного газа  
20 настоящего изобретения, выхлопной газ может быть очищен даже в условиях высокой нагрузки при высоком расходе газа. Катализатор очистки выхлопного газа настоящего изобретения может быть использован для очистки вредных компонентов, таких как опасные газы (углеводород (HC)), окись углерода (CO), окислы азота (NOx)), в выхлопном газе, выброшенном из двигателя внутреннего сгорания автомобиля и т.п.

25 Примеры

[0053]

Далее в данном документе настоящее изобретение будет более подробно раскрыто со ссылкой на Примеры, но данные Примерам не имеют ограничительного характера по отношению к настоящему изобретению.

30 [0054]

[Тест 1: Изготовление и оценка катализатора, имеющего один каталитический слой покрытия, содержащий пустоту]

1. Изготовление катализатора

(1) Пример 1

35 Сначала 150 г порошка  $Al_2O_3$  (производства Sasol: определенная площадь

поверхности:  $100 \text{ м}^2/\text{г}$ , средний размер частиц: 30 мкм) и 300 г порошка твердого раствора  $CeO_2-ZrO_2$  (производства Daiichi Kigenso Kagaku Kogyo Co., Ltd.: Содержание  $CeO_2$ : 20% по массе (далее - также масс. %), Содержание  $ZrO_2$ : 25% по массе,

40 определенная площадь поверхности:  $100 \text{ м}^2/\text{г}$ , средний размер частиц: 10 нм) было добавлено к 500 г ионообменной воды и перемешано для получения смеси. Смесь была подвергнута перемешиванию при следующих условиях: была использована шаровая мельница (производства As One Corporation, торговое наименование «alumina ball» («глиноземный шарик»), используемые шарики: микробусины с диаметром 5000 мкм  
45 из глинозема), время обработки составило 25 минут, скорость перемешивания - 400 об/мин. Таким образом, была подготовлена дисперсионная жидкость, содержащая частицу оксида металла из смеси (сложный оксид металла) твердого раствора  $CeO_2-ZrO_2$  и

порошка  $Al_2O_3$ . В данном случае размер частицы оксида металла был измерен посредством использования устройства измерения распределения размера частиц лазерной дифракции (производства HORIBA Ltd., торговое наименование LA-920) в соответствии со способом лазерной дифракции, и было обнаружено, что 50%-й кумулятивный размера при кумулятивном распределении размера частиц на основании площади составил 3,2 мкм.

[0055]

Затем 0,05 л раствора платины динитроамин, содержащего 4 г платины (Pt) в пересчете на металл, в качестве сырьевого материала благородного металла и 1,0 массовых частей органического волокна (ПЭТ-волокно, средний диаметр: 3 мкм, длина: 42 мкм, среднее относительное удлинение: 14) в качестве волокнистой органической субстанции на 100 массовых частей частицы оксида металла были добавлены к полученной дисперсионной жидкости, и полученный результат был перемешан в условиях скорости перемешивания 400 об/мин в течение 30 минут, и, таким образом, была подготовлена катализаторная суспензия.

[0056]

Затем монолитный ячеистый субстрат из кордиерита с шестигранными ячейками (производство Denso Corporation, торговое наименование D60H/3-9R-08EK, диаметр: 103 мм, длина: 105 мм, объем: 875 мл, плотность ячеек: 600 ячеек/дюйм<sup>2</sup>) в качестве субстрата был покрыт тонким слоем полученной катализаторной суспензии и высушен на воздухе при температуре 100°C в течение 0,5 часов. Затем покрытие субстрата тонким слоем катализаторной суспензии и высушивание/обжиг были выполнены повторно так, чтобы объем покрытия на субстрате составлял 100 г/л объема субстрата, образуя, таким образом, слой катализаторной суспензии на субстрате.

[0057]

Затем был осуществлен обжиг полученного объекта на воздухе при температуре 500°C в течение 2 часов, таким образом, был изготовлен катализатор очистки выхлопного газа (образец катализатора), в котором был сформирован каталитический слой покрытия из частиц катализатора на поверхности субстрата из монолитного ячеистого субстрата из кордиерита.

[0058]

В Таблице 1 показано время обработки [мин] перемешиванием и размер (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм] полученной частицы оксида металла на этапе подготовки частицы оксида; тип сырьевого материала, средний диаметр волокна [мкм], среднее относительное удлинение и смешанное количество [массовые части] волокнистой органической субстанции, использованной на этапе подготовки катализаторной суспензии; и объем покрытия [г/л] каталитического слоя покрытия.

[0059]

[Таблица 1-1]

	Этап подготовки частицы оксида		Волокнистая органическая субстанция			
	Перемешивание	Частица оксида металла	Тип сырьевого материала	Средний диаметр волокна или средний диаметр [мкм]	Среднее относительное удлинение	Смешанное количество (массовые части)
	Время обработки (мин.)					
Пример 1	25	3.2	Волокно ПЭТ	3.0	14	1.0
Пример 2	15	4.6	Волокно ПЭТ	3.0	14	1.0
Пример 3	13	6.4	Волокно ПЭТ	3.0	14	1.0
Пример 4	7	9.5	Волокно ПЭТ	3.0	14	1.0
Пример 5	15	4.6	Волокно ПЭТ	3.0	14	2.0
Пример 6	17	6.4	Волокно ПЭТ	3.0	14	2.0
Пример 7	5	9.5	Волокно ПЭТ	3.0	14	2.0
Пример 8	25	3.2	Волокно ПЭТ	3.0	14	5.0
Пример 9	15	4.6	Волокно ПЭТ	3.0	14	5.0
Пример 10	5	9.5	Волокно ПЭТ	3.0	14	5.0
Пример 11	26	3.2	Волокно ПЭТ	3.0	14	7.0
Пример 12	17	4.6	Волокно ПЭТ	3.0	14	7.0
Пример 13	12	6.4	Волокно ПЭТ	3.0	14	7.0
Пример 14	4	9.5	Волокно ПЭТ	3.0	14	7.0
Пример 15	24	3.2	Волокно ПЭТ	2.0	21	3.0
Пример 16	14	4.6	Волокно ПЭТ	2.0	21	3.0
Пример 17	11	6.4	Волокно ПЭТ	2.0	21	3.0
Пример 18	27	3.2	Волокно ПЭТ	2.0	21	5.0
Пример 19	15	4.6	Волокно ПЭТ	2.0	21	5.0
Пример 20	12	6.4	Волокно ПЭТ	2.0	21	5.0
Пример 21	24	3.2	Волокно ПЭТ	5.0	10	1.0
Пример 22	19	4.6	Волокно ПЭТ	5.0	10	1.0
Пример 23	13	6.4	Волокно ПЭТ	5.0	10	1.0

[Таблица 1-2]

	Каталитический слой покрытия							Каталитические характеристики
	Объем покрытия [г/л]	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]	Средняя толщина [мкм]	Пористость (% по объему)	Пора с высоким относительным удлинением			
					Среднее относительное удлинение	Угол ориентации (градусы)	Доля от всех пустот (об. %)	
Пример 1	100	3.4	32.0	51.2	17.6	38.1	2.4	83.1
Пример 2	100	5.4	56.2	66.8	19.1	41.3	7.4	84.6
Пример 3	100	6.9	69.0	73.2	19.8	38.6	7.8	82.1
Пример 4	100	9.7	86.5	78.6	21.0	42.3	8.6	81.7
Пример 5	100	5.4	52.7	64.9	18.9	38.4	11.1	89.1
Пример 6	100	6.9	68.2	71.7	20.7	39.5	9.1	87.5
Пример 7	100	9.7	88.8	77.8	21.4	42.1	15.2	84.8
Пример 8	100	3.4	40.4	59.0	20.0	40.3	49.7	88.7
Пример 9	100	5.4	58.8	68.9	20.4	39.3	18.8	90.4
Пример 10	100	9.7	90.3	78.8	22.1	43.3	20.1	86.1
Пример 11	100	3.4	37.5	56.5	19.9	37.5	34.4	83.7
Пример 12	100	5.4	60.6	69.7	21.1	38.7	22.8	83.9
Пример 13	100	6.9	70.0	72.6	21.3	44.4	14.0	82.9
Пример 14	100	10.0	96.1	79.5	21.6	41.9	23.9	82.5
Пример 15	100	3.4	33.0	53.2	22.7	24.7	14.3	84.2
Пример 16	100	5.4	59.0	68.7	23.4	25.0	17.5	82.5
Пример 17	100	6.9	65.6	70.5	25.5	27.7	3.4	85.9
Пример 18	100	3.4	38.0	57.2	26.2	24.5	39.2	85.9
Пример 19	100	5.4	62.6	70.5	25.7	24.6	27.0	84.2
Пример 20	100	6.9	68.7	72.5	26.9	27.2	13.3	91.1
Пример 21	100	3.4	30.5	50.9	10.5	42.2	0.7	87.8
Пример 22	100	5.4	49.5	65.1	11.0	43.2	0.6	86.4
Пример 23	100	6.9	63.2	71.1	13.4	44.7	6.1	91.5

[0060]

(2) Примеры со 2 по 42

Каждая катализаторная суспензия была получена тем же способом, что и в Примере 1, за исключением того, что было изменено время обработки шаровой мельницей, как показано в Таблице 1 и Таблице 2, перемешивание было выполнено шаровой мельницей так, чтобы размер частиц оксида металла соответствовал показанному в Таблице 1 и Таблице 2 в пересчете на 50%-й кумулятивный размер при кумулятивном распределении размера частиц на основе объема, и волокнистая органическая субстанция, в которой тип сырьевого материала, средний диаметр волокна, среднее относительное удлинение и смешанное количество соответствуют указанным в Таблице 1 и Таблице 2, использовалась в качестве волокнистой органической субстанции. Затем монолитный ячеистый субстрат из кордиерита был покрыт полученной катализаторной суспензией

тем же способом, что и в Примере 1, и полученный объект был обожжен для получения катализатора очистки выхлопного газа (образца катализатора).

[0061]

В данном случае каждая волокнистая органическая субстанция, использованная в Примерах с 31 по 39, была подготовлена посредством добавления частицы изопропоксида титана ( $Ti(OPri)_4$ ), полиэтиленгликоля (ПЭГ) и смолы полиметилметакрилата (ПММА) (средний диаметр: 3 мкм) к изопропанолу и выливания результата в дистиллированную воду, что, таким образом, обеспечивает приготовление органического волокна заранее установленной формы.

[0062]

В Таблице 1 и Таблице 2 показано время обработки [мин] перемешиванием и размер (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм] полученной частицы оксида металла на этапе подготовки частицы оксида; тип сырьевого материала, средний диаметр волокна [мкм], среднее относительное удлинение и смешанное количество [массовые части] волокнистой органической субстанции, использованной на этапе подготовки катализаторной суспензии; и объем покрытия [г/л] каталитического слоя покрытия.

[0063]

[Таблица 2-1]

	Этап подготовки частицы оксида		Волокнистая органическая субстанция			
	Перемешивание	Частица оксида металла	Тип сырьевого материала	Средний диаметр волокна или средний диаметр [мкм]	Среднее относительное удлинение	Смешанное количество (массовые части)
	Время обработки (мин.)	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]				
Пример 24	6	9.5	Волокно ПЭТ	5.0	10	2.0
Пример 25	24	3.2	Волокно ПЭТ	5.0	10	2.0
Пример 26	16	4.6	Волокно ПЭТ	5.0	10	2.0
Пример 27	6	9.5	Волокно ПЭТ	5.0	10	2.0
Пример 28	25	3.2	Волокно ПЭТ	5.0	10	3.0
Пример 29	16	4.6	Волокно ПЭТ	5.0	10	3.0
Пример 30	24	3.2	Волокно ПЭТ	5.0	10	5.0
Пример 31	16	4.6	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	3.0
Пример 32	13	6.4	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	3.0
Пример 33	25	3.2	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	5.0
Пример 34	15	4.6	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	5.0
Пример 35	4	9.5	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	5.0
Пример 36	25	3.2	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	7.0
Пример 37	17	4.6	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	7.0
Пример 38	12	6.4	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	7.0
Пример 39	5	9.5	Частица ПММА+TiOPr+ПЭГ	3.0	11	7.0
Пример 40	16	4.6	Волокно ПЭТ	2.0	40	3.0
Пример 41	16	4.6	Волокно ПЭТ	2.0	40	3.0
Пример 42	16	4.6	Волокно ПЭТ	2.0	40	3.0

[Таблица 2-2]

	Каталитический слой покрытия							Каталитические характеристики	
	Объем покрытия [г/л]	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]	Средняя толщина [мкм]	Пористость (% по объему)	Пора с высоким относительным удлинением			Эффективность преобразования NOx [%]	
					Среднее относительное удлинение	Угол ориентации (градусы)	Доля от всех пустот (об. %)		
5	Пример 24	100	9.7	85.0	76.9	14.6	41.3	11.0	84.3
	Пример 25	100	3.4	31.5	52.8	11.0	41.4	12.1	87.8
	Пример 26	100	6.9	65.2	70.6	13.9	41.4	3.4	90.7
	Пример 27	100	9.7	84.7	76.5	16.3	42.1	9.0	84.3
	Пример 28	100	3.4	33.7	53.7	11.7	41.1	17.5	88.5
	Пример 29	100	5.4	55.5	66.2	12.5	40.3	4.1	83.7
	Пример 30	100	3.4	36.3	56.4	12.8	38.3	34.1	88.7
	Пример 31	100	5.4	57.5	68.7	12.1	41.0	17.5	80.9
10	Пример 32	100	6.9	68.8	71.7	11.1	42.3	9.4	91.3
	Пример 33	100	3.4	37.2	57.5	13.0	43.7	40.9	85.9
	Пример 34	100	5.4	56.0	66.7	13.8	43.8	7.0	91.8
	Пример 35	100	9.7	95.5	78.1	16.5	43.9	28.7	85.9
	Пример 36	100	3.4	35.1	54.6	17.0	41.1	23.1	92.9
	Пример 37	100	5.4	57.8	68.5	17.9	42.0	16.3	95.5
	Пример 38	100	6.9	69.2	73.0	20.0	41.1	15.8	96.8
	Пример 39	100	9.7	90.0	78.7	20.9	40.1	19.8	91.8
15	Пример 40	50	5.4	28.0	66.9	40.2	19.8	35.9	81.1
	Пример 41	200	5.4	102.3	68.2	43.5	20.0	38.2	82.3
	Пример 42	300	5.4	152.1	69.4	46.2	18.6	39.4	81.9

[0064]

(3) Сравнительные примеры с 1 по 7

Каждая сравнительная катализаторная суспензия была получена тем же способом, что и в Примере 1, за исключением того, что было изменено время обработки шаровой мельницей, как показано в Таблице 3, перемешивание было выполнено шаровой мельницей так, чтобы размер частиц оксида металла соответствовал показанному в Таблице 3 в пересчете на 50%-й кумулятивный размер при кумулятивном распределении размера частиц на основе объема, и не использовалась органическая субстанция (волоконистая органическая субстанция). Затем монолитный ячеистый субстрат из кордиерита был покрыт полученной сравнительной катализаторной суспензией тем же способом, что и в Примере 1, и полученный объект был обожжен для получения сравнительного катализатора очистки выхлопного газа (сравнительного образца катализатора).

[0065]

В Таблице 3 показано время обработки [мин] перемешиванием и размер (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм] полученной частицы оксида металла на этапе подготовки частицы оксида; и объем покрытия [г/л] каталитического слоя покрытия.

[0066]

[Таблица 3-1]

	Этап подготовки частицы оксида		Волокнистая органическая субстанция			
	Перемешивание	Частица оксида металла	Тип сырьевого материала	Средний диаметр волокна или средний диаметр [мкм]	Среднее относительное удлинение	Смешанное количество (массовые части)
	Время обработки (мин.)	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]				
Ср. пример 1	41	0.7	-	-	-	-
Ср. пример 2	36	1.9	-	-	-	-
Ср. пример 3	24	3.2	-	-	-	-
Ср. пример 4	15	4.6	-	-	-	-
Ср. пример 5	12	6.4	-	-	-	-
Ср. пример 6	6	9.5	-	-	-	-
Ср. пример 7	3	12.0	-	-	-	-
Ср. пример 8	14	4.6	Волокно ПЭТ	3.0	21	1.0
Ср. пример 9	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	21	1.0
Ср. пример 10	45	0.7	Волокно ПЭТ	3.0	21	3.0
Ср. пример 11	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	21	3.0
Ср. пример 12	45	0.7	Волокно ПЭТ	3.0	21	5.0
Ср. пример 13	24	3.2	Волокно ПЭТ	3.0	21	5.0
Ср. пример 14	45	0.7	Волокно ПЭТ	3.0	21	7.0
Ср. пример 15	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	21	7.0
Ср. пример 16	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	14	0.5
Ср. пример 17	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	14	2.0
Ср. пример 18	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	14	5.0
Ср. пример 19	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	14	9.0
Ср. пример 20	24	3.2	Волокно ПЭТ	3.0	50	1.0
Ср. пример 21	14	4.6	Волокно ПЭТ	3.0	50	1.0
Ср. пример 22	17	6.4	Волокно ПЭТ	3.0	50	1.0
Ср. пример 23	6	9.5	Волокно ПЭТ	3.0	50	1.0

[Таблица 3-2]

	Каталитический слой покрытия							Каталитические характеристики
	Объем покрытия [г/л]	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]	Средняя толщина [мкм]	Пористость (% по объему)	Пора с высоким относительным удлинением			
					Среднее относительное удлинение	Угол ориентации (градусы)	Доля от всех пустот (об. %)	
Ср. пример 1	100	0.9	18.0	39.7	5.0	74.0	0.01	60.0
Ср. пример 2	100	2.4	23.0	44.7	5.2	80.0	0.02	65.2
Ср. пример 3	100	3.4	28.0	50.3	5.5	63.0	0.04	73.0
Ср. пример 4	100	5.4	52.0	64.8	5.6	77.0	0.06	73.8
Ср. пример 5	100	6.9	62.0	69.3	5.8	65.0	0.08	72.4
Ср. пример 6	100	9.7	84.0	74.1	5.7	66.0	0.09	72.1
Ср. пример 7	100	13.0	91.0	79.1	6.0	57.4	0.11	63.5
Ср. пример 8	100	5.4	53.2	65.0	6.8	61.4	0.10	74.7
Ср. пример 9	100	13.0	89.5	77.9	6.5	70.2	0.12	62.6
Ср. пример 10	100	0.9	29.6	50.9	6.6	59.2	59.86	63.7
Ср. пример 11	100	13.0	94.8	80.0	7.1	60.2	11.60	67.6
Ср. пример 12	100	0.9	29.3	50.8	7.0	54.1	59.46	61.7
Ср. пример 13	100	3.4	40.6	59.6	6.9	60.4	51.19	77.0
Ср. пример 14	100	0.9	30.1	50.8	7.5	53.1	59.58	60.3
Ср. пример 15	100	13.0	91.5	78.6	7.3	60.0	15.32	64.0
Ср. пример 16	100	13.0	91.0	79.3	12.1	65.0	5.24	67.3
Ср. пример 17	100	13.0	93.6	78.9	15.1	56.3	8.39	76.7
Ср. пример 18	100	13.0	97.9	81.4	16.1	40.3	11.26	76.5
Ср. пример 19	100	13.0	95.8	80.4	17.6	42.1	15.26	60.3
Ср. пример 20	100	3.4	30.0	50.9	50.2	7.2	55.14	74.3
Ср. пример 21	100	5.4	54.4	65.7	50.0	8.2	57.33	72.9
Ср. пример 22	100	6.9	63.8	71.3	53.0	9.2	59.92	72.1
Ср. пример 23	100	9.7	82.7	77.2	50.1	10.1	61.44	72.5

[0067]

## (4) Сравнительные примеры с 8 по 133

Каждая сравнительная катализаторная суспензия была получена тем же способом, что и в Примере 1, за исключением того, что было изменено время обработки шаровой мельницей, как показано в Таблицах 3-8, перемешивание было выполнено шаровой мельницей так, чтобы размер частиц оксида металла соответствовал показанному в Таблицах 3-8 в пересчете на 50%-й кумулятивный размер при кумулятивном распределении размера частиц на основе объема, и волокнистая органическая субстанция или органическая субстанция, в которой тип сырьевого материала, средний диаметр волокна или средний диаметр, среднее относительное удлинение и смешанное количество соответствовало указанному в Таблицах 3-8, использовалась в качестве волокнистой органической субстанции или органической субстанции. Затем монолитный ячеистый субстрат из кордиерита был покрыт полученной сравнительной катализаторной

суспензией тем же способом, что и в Примере 1, и полученный объект был обожжен для получения сравнительного катализатора очистки выхлопного газа (сравнительного образца катализатора).

[0068]

5 В данном случае каждая органическая субстанция (волоконистая органическая субстанция), использованная в Сравнительных примерах со 127 по 131, была подготовлена посредством добавления частицы изопророксида титана ( $Ti(OPri)_4$ ), полиэтиленгликоля (ПЭГ) и смолы полиметилметакрилата (ПММА) (средний диаметр: 3 мкм) к изопропанолу и выливания результата в дистиллированную воду, с  
10 обеспечением, таким образом, приготовления органического волокна заранее установленной формы.

[0069]

15 В Таблицах 3-8 показано время обработки [мин] перемешиванием и размер (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм] полученной частицы оксида металла на этапе подготовки частицы оксида; тип сырьевого материала, средний диаметр  
волокна или средний диаметр [мкм], среднее относительное удлинение и смешанное количество [массовые части] волоконистой органической субстанции или органической субстанции, использованной на этапе подготовки катализаторной суспензии; а также  
20 объем покрытия [г/л] каталитического слоя покрытия.

[0070]

[Таблица 4-1]

	Этап подготовки частицы оксида		Волоконистая органическая субстанция				
	Перемешивание	Частица оксида металла	Тип сырьевого материала	Средний диаметр волокна или средний диаметр [мкм]	Среднее относительное удлинение	Смешанное количество (массовые части)	
	Время обработки (мин.)	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]					
25	Ср. пример 24	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	50	1.0
	Ср. пример 25	12	6.4	Волокно ПЭТ	3.0	50	2.0
	Ср. пример 26	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	50	2.0
	Ср. пример 27	24	3.2	Волокно ПЭТ	3.0	50	3.0
	Ср. пример 28	12	6.4	Волокно ПЭТ	3.0	50	3.0
	Ср. пример 29	5	9.5	Волокно ПЭТ	3.0	50	3.0
	Ср. пример 30	24	3.2	Волокно ПЭТ	3.0	50	5.0
	Ср. пример 31	14	4.6	Волокно ПЭТ	3.0	50	5.0
30	Ср. пример 32	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	50	5.0
	Ср. пример 33	24	3.2	Волокно ПЭТ	3.0	50	7.0
	Ср. пример 34	14	4.6	Волокно ПЭТ	3.0	50	7.0
	Ср. пример 35	6	6.4	Волокно ПЭТ	3.0	50	7.0
	Ср. пример 36	5	9.5	Волокно ПЭТ	3.0	50	7.0
	Ср. пример 37	3	12.0	Волокно ПЭТ	3.0	50	7.0
	Ср. пример 38	3	12.0	Волокно ПЭТ	2.0	21	2.0
	Ср. пример 39	3	12.0	Волокно ПЭТ	2.0	21	5.0
	Ср. пример 40	3	12.0	Волокно ПЭТ	2.0	21	7.0
35	Ср. пример 41	3	12.0	Волокно ПЭТ	5.0	10	1.0
	Ср. пример 42	45	0.7	Волокно ПЭТ	5.0	10	2.0
	Ср. пример 43	45	0.7	Волокно ПЭТ	5.0	10	3.0
	Ср. пример 44	3	12.0	Волокно ПЭТ	5.0	10	3.0
	Ср. пример 45	45	0.7	Волокно ПЭТ	5.0	10	5.0
	Ср. пример 46	3	12.0	Волокно ПЭТ	5.0	10	7.0

40

45

[Таблица 4-2]

	Каталитический слой покрытия							Каталитические характеристики	
	Объем покрытия [г/л]	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]	Средняя толщина [мкм]	Пористость (% по объему)	Пора с высоким относительным удлинением			Эффективность преобразования NOx [%]	
					Среднее относительное удлинение	Угол ориентации (градусы)	Доля от всех пустот (об. %)		
5	Ср. пример 24	100	13.0	89.8	78.2	40.2	12.1	65.12	63.9
	Ср. пример 25	100	6.9	67.0	71.0	52.4	9.0	55.42	74.5
	Ср. пример 26	100	13.0	95.5	79.2	45.1	20.1	60.10	62.9
	Ср. пример 27	100	3.4	33.2	54.1	53.3	6.9	56.63	72.3
	Ср. пример 28	100	6.9	67.0	72.2	51.3	8.1	58.56	73.4
	Ср. пример 29	100	9.7	86.9	78.1	54.2	9.4	52.11	70.5
	Ср. пример 30	100	3.4	36.8	56.1	54.0	6.7	72.20	70.7
	Ср. пример 31	100	5.4	61.8	70.0	51.9	6.7	62.39	72.2
10	Ср. пример 32	100	13.0	99.6	81.0	40.1	10.6	61.00	62.5
	Ср. пример 33	100	3.4	34.1	55.2	51.0	6.0	65.52	70.5
	Ср. пример 34	100	5.4	61.3	69.5	52.8	6.8	58.63	69.3
	Ср. пример 35	100	6.9	68.6	72.9	52.5	7.2	66.65	69.3
	Ср. пример 36	100	9.7	92.7	79.2	58.2	6.9	59.47	66.8
	Ср. пример 37	100	13.0	99.0	81.6	50.0	9.6	51.00	60.6
	Ср. пример 38	100	13.0	92.7	79.4	15.0	32.1	10.21	64.0
	Ср. пример 39	100	13.0	95.5	79.7	16.4	28.3	12.21	63.3
15	Ср. пример 40	100	13.0	99.0	80.7	15.4	25.1	15.21	65.2
	Ср. пример 41	100	13.0	92.8	79.7	6.1	60.2	0.40	65.2
	Ср. пример 42	100	0.9	28.3	49.2	8.2	37.6	54.76	62.6
	Ср. пример 43	100	0.9	31.7	53.4	8.4	38.0	67.29	64.0
	Ср. пример 44	100	13.0	92.9	80.2	6.5	40.5	0.30	65.8
	Ср. пример 45	100	0.9	34.3	54.0	9.8	35.8	68.92	62.6
	Ср. пример 46	100	13.0	98.3	80.0	7.1	42.0	10.30	61.6

[0071]

[Таблица 5-1]

	Этап подготовки частицы оксида		Волокнистая органическая субстанция				
	Перемешивание	Частица оксида металла	Тип сырьевого материала	Средний диаметр волокна или средний диаметр [мкм]	Среднее относительное удлинение	Смешанное количество (массовые части)	
	Время обработки (мин.)	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]					
25	Ср. пример 47	45	0.7	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	1.0
	Ср. пример 48	31	1.9	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	1.0
	Ср. пример 49	24	3.2	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	1.0
	Ср. пример 50	12	6.4	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	1.0
	Ср. пример 51	3	9.5	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	1.0
	Ср. пример 52	3	12.0	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	1.0
	Ср. пример 53	45	0.7	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	2.0
	Ср. пример 54	24	3.2	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	2.0
	Ср. пример 55	16	4.6	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	2.0
	Ср. пример 56	12	6.4	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	2.0
30	Ср. пример 57	5	9.5	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	2.0
	Ср. пример 58	45	0.7	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	3.0
	Ср. пример 59	31	1.9	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	3.0
	Ср. пример 60	24	3.2	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	3.0
	Ср. пример 61	12	6.4	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	3.0
	Ср. пример 62	5	9.5	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	3.0
	Ср. пример 63	3	12.0	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	3.0
	Ср. пример 64	45	0.7	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	5.0
	Ср. пример 65	31	1.9	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	5.0
35	Ср. пример 66	24	3.2	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	5.0
	Ср. пример 67	16	4.6	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	5.0
	Ср. пример 68	12	6.4	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	5.0
	Ср. пример 69	5	9.5	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	5.0

[Таблица 5-2]

	Каталитический слой покрытия							Каталитические характеристики	
	Объем покрытия [г/л]	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]	Средняя толщина [мкм]	Пористость (% по объему)	Пора с высоким относительным удлинением				
					Среднее относительное удлинение	Угол ориентации (градусы)	Доля от всех пустот (об. %)	Эффективность преобразования NOx [%]	
5	Ср. пример 47	100	0.7	18.9	40.0	5.1	83.0	0.02	62.3
	Ср. пример 48	100	1.9	21.5	43.4	5.2	71.0	0.02	65.7
	Ср. пример 49	100	3.2	29.5	50.3	5.5	74.0	0.04	71.0
	Ср. пример 50	100	6.4	65.8	72.1	5.9	61.0	0.07	72.9
	Ср. пример 51	100	9.5	83.7	76.6	5.7	63.0	0.09	67.7
	Ср. пример 52	100	12.0	91.5	79.9	6.1	69.0	0.11	63.5
	Ср. пример 53	100	0.7	26.5	48.0	5.0	81.0	0.01	62.7
	Ср. пример 54	100	3.2	37.8	56.8	5.5	83.0	0.04	69.8
10	Ср. пример 55	100	4.6	57.0	67.8	5.7	74.0	0.06	78.7
	Ср. пример 56	100	6.4	73.5	73.8	5.8	78.0	0.08	71.4
	Ср. пример 57	100	9.5	90.6	78.9	5.7	60.0	0.10	52.8
	Ср. пример 58	100	0.7	33.6	54.7	5.0	60.0	0.02	65.4
	Ср. пример 59	100	1.9	34.0	54.7	5.2	63.0	0.02	69.3
	Ср. пример 60	100	3.2	47.0	62.7	5.5	81.0	0.04	71.3
	Ср. пример 61	100	6.4	82.5	76.1	5.8	85.0	0.09	56.2
	Ср. пример 62	100	9.5	96.5	80.4	5.7	62.0	0.09	53.0
15	Ср. пример 63	100	12.0	114.7	84.3	6.1	78.0	0.12	59.4
	Ср. пример 64	100	0.7	42.6	59.9	5.1	69.0	0.01	61.0
	Ср. пример 65	100	1.9	47.4	63.4	5.2	63.0	0.03	65.3
	Ср. пример 66	100	3.2	52.5	65.7	5.6	79.0	0.04	55.2
	Ср. пример 67	100	4.6	74.0	74.1	5.7	67.0	0.06	74.0
	Ср. пример 68	100	6.4	89.1	78.5	5.9	79.0	0.09	56.8
	Ср. пример 69	100	9.5	105.5	82.3	5.7	80.0	0.10	53.4

[0072]

[Таблица 6-1]

	Этап подготовки частицы оксида			Волокнистая органическая субстанция			
	Перемешивание	Частица оксида металла		Тип сырьевого материала	Средний диаметр волокна или средний диаметр [мкм]	Среднее относительное удлинение	Смешанное количество (массовые части)
	Время обработки (мин.)	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]					
25	Ср. пример 70	3	12.0	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	5.0
	Ср. пример 71	45	0.7	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	7.0
	Ср. пример 72	24	3.2	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	7.0
	Ср. пример 73	16	4.6	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	7.0
	Ср. пример 74	12	6.4	Стержневидная целлюлоза	30.0	3	7.0
	Ср. пример 75	45	0.7	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	1.0
	Ср. пример 76	31	1.9	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	1.0
	Ср. пример 77	24	3.2	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	1.0
	Ср. пример 78	16	4.6	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	1.0
	Ср. пример 79	12	6.4	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	1.0
30	Ср. пример 80	5	9.5	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	1.0
	Ср. пример 81	3	12.0	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	1.0
	Ср. пример 82	45	0.7	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	2.0
	Ср. пример 83	24	3.2	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	2.0
	Ср. пример 84	12	6.4	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	2.0
	Ср. пример 85	5	9.5	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	2.0
	Ср. пример 86	45	0.7	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	3.0
	Ср. пример 87	31	1.9	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	3.0
	Ср. пример 88	24	3.2	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	3.0
35	Ср. пример 89	16	4.6	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	3.0
	Ср. пример 90	12	6.4	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	3.0
	Ср. пример 91	5	9.5	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	3.0
	Ср. пример 92	3	12.0	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	3.0

[Таблица 6-2]

	Каталитический слой покрытия							Каталитические характеристики	
	Объем покрытия [г/л]	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]	Средняя толщина [мкм]	Пористость (% по объему)	Пора с высоким относительным удлинением			Эффективность преобразования NOx [%]	
					Среднее относительное удлинение	Угол ориентации (градусы)	Доля от всех пустот (об. %)		
5	Ср. пример 70	100	12.0	118.6	85.0	6.0	72.0	0.12	58.0
	Ср. пример 71	100	0.7	47.1	63.1	5.1	76.0	0.02	60.5
	Ср. пример 72	100	3.2	57.7	68.8	5.5	79.0	0.05	54.4
	Ср. пример 73	100	4.6	79.0	74.9	5.6	81.0	0.07	70.8
	Ср. пример 74	100	6.4	86.9	78.2	5.9	60.0	0.08	56.1
	Ср. пример 75	100	0.7	20.4	41.2	5.4	84.0	0.01	67.4
	Ср. пример 76	100	1.9	21.7	43.3	5.4	82.0	0.02	68.3
	Ср. пример 77	100	3.2	30.7	52.3	6.0	84.0	0.05	76.9
10	Ср. пример 78	100	4.6	52.4	66.2	5.6	60.0	0.06	73.7
	Ср. пример 79	100	6.4	64.0	70.1	6.0	63.0	0.08	73.1
	Ср. пример 80	100	9.5	82.0	77.0	5.7	76.0	0.10	72.4
	Ср. пример 81	100	12.0	92.4	79.5	6.3	62.0	0.11	63.2
	Ср. пример 82	100	0.7	27.9	49.6	5.0	69.0	0.01	78.1
	Ср. пример 83	100	3.2	31.7	52.2	5.6	83.0	0.05	78.2
	Ср. пример 84	100	6.4	68.8	73.2	5.9	76.0	0.09	73.5
	Ср. пример 85	100	9.5	85.2	78.3	6.1	70.0	0.10	72.4
	Ср. пример 86	100	0.7	49.4	63.6	5.0	78.0	0.01	78.9
15	Ср. пример 87	100	1.9	33.8	54.1	5.4	64.0	0.03	73.4
	Ср. пример 88	100	3.2	36.6	56.3	5.7	67.0	0.05	75.1
	Ср. пример 89	100	4.6	54.5	66.2	6.1	77.0	0.06	72.6
	Ср. пример 90	100	6.4	70.7	72.9	6.1	68.0	0.08	73.2
	Ср. пример 91	100	9.5	88.3	78.8	6.2	77.0	0.09	70.6
	Ср. пример 92	100	12.0	97.9	81.0	6.1	80.0	0.11	63.3

[0073]

[Таблица 7-1]

	Этап подготовки частицы оксида			Волокнистая органическая субстанция			
	Перемешивание	Частица оксида металла	Тип сырьевого материала	Средний диаметр волокна или средний диаметр [мкм]	Среднее относительное удлинение	Смешанное количество (массовые части)	
	Время обработки (мин.)						Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]
20	Ср. пример 93	45	0.7	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	5.0
	Ср. пример 94	24	3.2	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	5.0
	Ср. пример 95	16	4.6	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	5.0
25	Ср. пример 96	45	0.7	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	7.0
	Ср. пример 97	31	1.9	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	7.0
	Ср. пример 98	24	3.2	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	7.0
	Ср. пример 99	16	6.4	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	7.0
	Ср. прим. 100	5	9.5	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	7.0
	Ср. прим. 101	3	12.0	Пульверизир. целлюлоза	1.0	3	7.0
	Ср. прим. 102	45	0.7	Частица ПММА	3.0	-	1.0
	Ср. прим. 103	31	1.9	Частица ПММА	3.0	-	1.0
30	Ср. прим. 104	24	3.2	Частица ПММА	3.0	-	1.0
	Ср. прим. 105	16	4.6	Частица ПММА	3.0	-	1.0
	Ср. прим. 106	12	6.4	Частица ПММА	3.0	-	1.0
	Ср. прим. 107	5	9.5	Частица ПММА	3.0	-	1.0
	Ср. прим. 108	3	12.0	Частица ПММА	3.0	-	1.0
	Ср. прим. 109	45	0.7	Частица ПММА	3.0	-	2.0
	Ср. прим. 110	24	3.2	Частица ПММА	3.0	-	2.0
	Ср. прим. 111	12	6.4	Частица ПММА	3.0	-	2.0
	Ср. прим. 112	45	0.7	Частица ПММА	3.0	-	3.0
35	Ср. прим. 113	24	3.2	Частица ПММА	3.0	-	3.0
	Ср. прим. 114	16	4.6	Частица ПММА	3.0	-	3.0
	Ср. прим. 115	12	6.4	Частица ПММА	3.0	-	3.0

[Таблица 7-2]

	Каталитический слой покрытия							Каталитические характеристики
	Объем покрытия [г/л]	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]	Средняя толщина [мкм]	Пористость (% по объему)	Пора с высоким относительным удлинением			Эффективность преобразования NOx [%]
					Среднее относительное удлинение	Угол ориентации (градусы)	Доля от всех пустот (об. %)	
Ср. пример 93	100	0.7	56.4	67.1	5.4	77.0	0.02	78.7
Ср. пример 94	100	3.2	40.5	59.5	5.5	73.0	0.04	75.1
Ср. пример 95	100	4.6	64.4	71.1	5.8	63.0	0.06	71.8
Ср. пример 96	100	0.7	64.4	71.1	5.1	80.0	0.01	73.3
Ср. пример 97	100	1.9	56.6	67.8	5.5	80.0	0.02	68.3
Ср. пример 98	100	3.2	52.2	65.1	5.6	68.0	0.05	71.4
Ср. пример 99	100	6.4	69.1	72.0	6.7	80.0	0.08	69.3
Ср. прим. 100	100	9.5	94.8	80.5	6.5	70.0	0.10	67.6
Ср. прим. 101	100	12.0	93.4	79.7	6.1	71.0	0.12	63.2
Ср. прим. 102	100	0.7	20.6	42.1	5.1	81.0	0.02	61.4
Ср. прим. 103	100	1.9	21.2	43.1	5.2	80.0	0.03	67.0
Ср. прим. 104	100	3.2	28.7	50.7	5.5	79.0	0.05	76.0
Ср. прим. 105	100	4.6	52.7	66.0	5.6	73.0	0.07	75.1
Ср. прим. 106	100	6.4	63.9	71.2	5.8	74.0	0.08	71.6
Ср. прим. 107	100	9.5	77.3	75.0	5.8	83.0	0.09	69.3
Ср. прим. 108	100	12.0	89.2	77.7	6.0	62.0	0.11	62.8
Ср. прим. 109	100	0.7	24.1	46.8	5.1	75.0	0.01	63.7
Ср. прим. 110	100	3.2	30.3	52.2	5.6	78.0	0.05	75.1
Ср. прим. 111	100	6.4	63.1	70.8	5.8	81.0	0.08	71.1
Ср. прим. 112	100	0.7	23.8	46.1	5.1	81.0	0.02	65.3
Ср. прим. 113	100	3.2	33.7	54.0	5.6	62.0	0.06	77.1
Ср. прим. 114	100	4.6	52.4	65.2	5.6	65.0	0.06	74.1
Ср. прим. 115	100	6.4	65.5	70.5	5.9	77.0	0.08	73.4

[0074]

[Таблица 8-1]

	Этап подготовки частицы оксида		Волокнистая органическая субстанция			
	Время обработки (мин.)	Частица оксида металла	Тип сырьевого материала	Средний диаметр волокна или средний диаметр [мкм]	Среднее относительное удлинение	Смешанное количество (массовые части)
Ср. прим. 116	5	9.5	Частица ПММА	3.0	-	3.0
Ср. прим. 117	45	0.7	Частица ПММА	3.0	-	5.0
Ср. прим. 118	31	1.9	Частица ПММА	3.0	-	5.0
Ср. прим. 119	16	4.6	Частица ПММА	3.0	-	5.0
Ср. прим. 120	5	9.5	Частица ПММА	3.0	-	5.0
Ср. прим. 121	3	12.0	Частица ПММА	3.0	-	5.0
Ср. прим. 122	31	1.9	Частица ПММА	3.0	-	7.0
Ср. прим. 123	24	3.2	Частица ПММА	3.0	-	7.0
Ср. прим. 124	12	6.4	Частица ПММА	3.0	-	7.0
Ср. прим. 125	5	9.5	Частица ПММА	3.0	-	7.0
Ср. прим. 126	3	12.0	Частица ПММА	3.0	-	7.0
Ср. прим. 127	31	1.9	Частица ПММА+TiORg+ПЭГ	3.0	11	1.0
Ср. прим. 128	3	12.0	Частица ПММА+TiORg+ПЭГ	3.0	11	1.0
Ср. прим. 129	12	6.4	Частица ПММА+TiORg+ПЭГ	3.0	11	2.0
Ср. прим. 130	3	12.0	Частица ПММА+TiORg+ПЭГ	3.0	11	3.0
Ср. прим. 131	3	12.0	Частица ПММА+TiORg+ПЭГ	3.0	11	7.0
Ср. прим. 132	16	4.6	Волокно ПЭТ	2.0	40	3.0
Ср. прим. 133	16	4.6	Волокно ПЭТ	2.0	40	3.0

[Таблица 8-2]

	Каталитический слой покрытия							Каталитические характеристики
	Объем покрытия [г/л]	Размер частиц (50%-й кумулятивный размер на основе объема) [мкм]	Средняя толщина [мкм]	Пористость (% по объему)	Пора с высоким относительным удлинением			Эффективность преобразования NOx [%]
					Среднее относительное удлинение	Угол ориентации (градусы)	Доля от всех пустот (об. %)	
Ср. прим. 116	100	9.5	86.4	77.5	5.8	69.0	0.09	69.5
Ср. прим. 117	100	0.7	25.9	47.2	5.1	65.0	0.01	67.1
Ср. прим. 118	100	1.9	27.7	49.0	5.2	68.0	0.02	72.7
Ср. прим. 119	100	4.6	56.8	68.4	5.7	74.0	0.06	57.8
Ср. прим. 120	100	9.5	84.2	78.0	5.7	70.0	0.12	67.5
Ср. прим. 121	100	12.0	95.0	80.1	6.0	73.0	0.12	63.8
Ср. прим. 122	100	1.9	30.3	52.3	5.2	81.0	0.02	71.7
Ср. прим. 123	100	3.2	37.1	57.3	5.6	60.0	0.05	78.2
Ср. прим. 124	100	6.4	69.2	72.7	5.9	85.0	0.09	68.0
Ср. прим. 125	100	9.5	85.9	77.0	5.8	79.0	0.10	63.8
Ср. прим. 126	100	12.0	97.6	80.2	6.0	85.0	0.11	59.9
Ср. прим. 127	100	1.9	21.6	45.0	5.5	46.9	0.37	69.8
Ср. прим. 128	100	12.0	92.3	79.4	5.1	69.0	0.20	62.3
Ср. прим. 129	100	6.4	63.2	69.8	8.9	47.0	0.42	73.5
Ср. прим. 130	100	12.0	98.6	80.1	6.1	65.0	0.51	69.1
Ср. прим. 131	100	12.0	93.9	79.2	5.4	42.0	0.41	79.0
Ср. прим. 132	30	4.6	22.0	66.9	41.1	20.1	32.21	75.0
Ср. прим. 133	400	4.6	181.6	70.4	43.6	26.4	46.10	72.0

[0075]

## 2. Оценка

Катализатор очистки выхлопного газа (образец катализатора), полученный в любом из Примеров с 1 по 42, и сравнительный катализатор очистки выхлопного газа (образец сравнительного катализатора), полученный в любом из примеров с 1 по 133, были подвергнуты измерению средней толщины [мкм] каталитического слоя покрытия, размера частиц катализатора (15%-й кумулятивный размер на основе площади поперечного сечения) [мкм], пористости [об. %] каталитического слоя покрытия, среднего относительного удлинения поры с высоким относительным удлинением, доли [%] поры с высоким относительным удлинением во всем объеме пустот и угла ориентации [градусы (°)] поры с высоким относительным удлинением (80%-й кумулятивный угол).

[0076]

(1) Измерительный тест средней толщины каталитического слоя покрытия

Каждый образец катализатора и образец сравнительного катализатора был погружен в эпоксидную смолу и вырезан в радиальном направлении субстрата (ячеистый субстрат), полученное поперечное сечение было отполировано. Результаты были подвергнуты наблюдению через сканирующий электронный микроскоп (SEM) (увеличение: в 700 раз) для измерения средней толщины каталитического слоя покрытия. В данном случае средняя толщина была определена посредством случайного отбора 10 точек на каталитическом слое покрытия и измерения толщины каталитического слоя покрытия в этих точках для обеспечения среднего значения. Полученные результаты показаны в Таблицах 1-8.

[0077]

(2) Измерительный тест размера частиц катализатора

Каждый образец катализатора и сравнительный образец катализатора был погружен в эпоксидную смолу и вырезан в радиальном направлении субстрата (ячеистый субстрат), полученное поперечное сечение было отполировано. Результаты были подвергнуты наблюдению через сканирующий электронный микроскоп (SEM) (увеличение: в 700 раз) для определения 15%-го кумулятивного размера при кумулятивном распределении размера частиц на основании площади поперечного сечения частицы катализатора. В данном случае 15%-й кумулятивный размер частиц катализатора на основе площади поперечного сечения был определен следующим образом: частицы катализатора были отобраны на прямоугольном участке в 200 мкм или больше в горизонтальном направлении к плоской части субстрата каталитического слоя покрытия и 25 мкм или больше в перпендикулярном направлении к плоской части субстрата; и был определен размер частиц катализатора, который соответствует размеру 15%-й доли частиц в пересчете на частоту относительно всей площади поперечного сечения каталитического слоя покрытия, когда площадь поперечного сечения частицы катализатора была аккумулятирована от наибольшего размера частиц катализатора (площадь поперечного сечения) в порядке убывания, при условии, что были исключены поры, у которых сумма площади поперечного сечения частиц катализатора составила меньше  $0,3 \text{ мм}^2$ . Полученные результаты показаны в Таблицах 1-8.

[0078]

(3) Измерительный тест пористости каталитического слоя покрытия

Пористость образца катализатора была измерена при помощи следующего выражения посредством способа взвешивания в воде, согласно Японскому промышленному стандарту JIS R 2205. В данном случае деаэрацию производили вакуумным способом.

Пористость (% по объему) =  $(W3 - W1) / (W3 - W2) \times 100$

W1: сухая масса (120°C × 60 минут)

W2: масса в воде

W3: масса при насыщении водой

Полученные результаты показаны в Таблицах 1-8.

5 [0079]

(4) Измерительный тест 1 поры каталитического слоя покрытия: эквивалентный диаметр окружности поры

Пора в каталитическом слое покрытия каждого образца катализатора и сравнительный образец катализатора был подвергнут анализу FIB-SEM.

10 Сначала каждый образец катализатора и сравнительный образец катализатора был вырезаны в осевом направлении по положению пунктирной линии на Фигуре 1(A) для обеспечения испытательного образца в форме, показанной на Фигуре 1(B). Затем, в то время как фрагмент испытательного образца, обозначенный пунктирной линией квадратного контура на Фигуре 1(B), был вырезан посредством FIB (focused ion beam machining apparatus - устройство для обработки фокусированным ионным пучком, производства Hitachi High-Technologies Corporation, торговое наименование NB5000), было сделано SEM-изображение (сканирующий электронный микроскоп, производства Hitachi High-Technologies Corporation, торговое наименование NB5000) с шагом 0,28 мкм в глубину, как показано на Фигуре 1(C). В данном случае условия анализа FIB-SEM  
15 были следующими: длина составила 25 мкм или больше, ширина составила 500 мкм или больше, глубина при измерении составила 500 мкм или больше, количество видов на изображении составило 3 или больше, а увеличение изображения составило 2000 раз на SEM-изображении. Фигура 1 содержит принципиальные схемы, иллюстрирующие один пример измерительного способа FIB-SEM. Фигура 1(A) является принципиальной  
20 схемой, иллюстрирующей часть поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате катализатора очистки выхлопного газа настоящего изобретения, Фигура 1(B) является принципиальной схемой, иллюстрирующей образец для тестовых испытаний, полученный посредством разрезания катализатора очистки выхлопного газа в осевом направлении  
30 по положению пунктирной линии на Фигуре 1(A), и на Фигуре 1(C) схематично представлено SEM-изображение, полученное способом измерения FIB-SEM. На Фигуре 2 показано одно непрерывное SEM-изображение поперечного сечения образца катализатора в Примере 5, подвергнутого измерениям, в качестве одного примера результатов наблюдения при анализе FIB-SEM. Черная часть на Фигуре 2 представляет собой пору. На Фигуре 5 представлена сканированная электронная микрофотография (SEM-фотография) поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате катализатора очистки выхлопного газа, полученная в Примере 5. В данном случае непрерывное изображение, как показано на Фигуре 1(c), может быть получено при помощи  
40 рентгеновской КТ и т.п.

[0080]

Затем непрерывное изображение поперечного сечения (SEM-изображение), полученное посредством анализа FIB-SEM, было подвергнуто анализу изображения с использованием имеющегося в продаже программного обеспечения для анализа  
45 изображений (производства Mitani Corporation, «ПО для анализа двухмерных изображений WinROOF») посредством разницы в яркости между порой и катализатором, и было подвергнуто бинаризации для извлечения поры. На Фигуре 3 показана SEM-фотография с Фигуры 2, подвергнутая бинаризации, в качестве одного примера

полученных результатов. На Фигуре 3 черная часть представляет собой катализатор, а белая часть представляет собой пору. При анализе поры была подвергнута анализу пора, эквивалентный диаметр окружности которой на изображении поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате, составил 2 мкм или больше. Отметим, что функция отбора предмета посредством использования разницы в яркости не ограничивается ПО WinROOF, и может быть использована такая функция (например, image-Pro Plus, произведенная Planetron, Inc), на которой обычно основано ПО для анализа.

Посредством такого анализа изображения была определена область внутри профиля поры, был рассчитан эквивалентный диаметр окружности поры, и данный эквивалентный диаметр окружности был получен в качестве размера отдельной поры. [0081]

(5) Измерительный тест 2 поры в каталитическом слое покрытия: среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением

Затем было проанализировано непрерывное изображение поперечного сечения, полученное указанным выше способом, и была извлечена трехмерная информация для поры. Способ измерения среднего относительного удлинения поры с высоким относительным удлинением был таким же, что и способ, раскрытый выше со ссылкой на Фигуру 4 и Фигуру 5, в котором среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением было определено посредством создания схемы двухмерной проекции и изображения поперечного сечения поры, являющихся примером трехмерной информации для поры, соответствующей Фигуре 4 и Фигуре 5, с анализом SEM-изображения в пределах длины в 25 мкм или больше, ширины в 500 мкм или больше и глубины при измерении в 500 мкм или больше, поры с высоким относительным удлинением (количество видов на изображении составило 3 или больше, увеличение изображения составило 2000 раз). В данном случае схема двухмерной проекции, являющаяся примером трехмерной информации для поры, полученная посредством анализа непрерывного изображения поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате катализатора очистки выхлопного газа, полученного в Примере 5, совпадает со схемой двухмерной проекции, являющейся примером трехмерной информации для поры, показанной на Фигуре 4. В результате среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением в Примере 5 составило 18,9. Дополнительно в Таблицах 1-8 показаны результаты измерений (среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением) из Примеров, отличных от Примера 5, и Сравнительных примеров.

[0082]

(6) Измерительный тест 3 поры в каталитическом слое покрытия: доля поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот

Затем была определена доля поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот посредством деления пористости поры с высоким относительным удлинением на пористость каталитического слоя покрытия.

[0083]

В данном случае пористость (об. %) поры с высоким относительным удлинением была рассчитана посредством сначала извлечения поры с высоким относительным удлинением на SEM-изображении (количество видов на изображении составило 3 или больше, увеличение изображения составило 2000 раз) в пределах длины в 25 мкм или больше, ширины в 500 мкм или больше и глубины при измерении в 500 мкм или больше,

и расчета объема каждой поры в соответствии со следующим способом. Другими словами, объем поры с высоким относительным удлинением был рассчитан посредством умножения шага непрерывного изображения поперечного сечения в 0,28 мкм на площадь поперечного сечения поры с высоким относительным удлинением на изображении поперечного сечения, полученного посредством FIB-SEM, и интегрировании данной величины. Затем полученный «объем поры с высоким относительным удлинением» был разделен на объем диапазона, подвергнутого отображению посредством FIB-SEM (диапазон SEM-изображения), таким образом, обеспечивая расчет пористости (об. %) поры с высоким относительным удлинением.

[0084]

Затем была определена доля (об. %) поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот посредством деления пористости (об. %) полученной поры с высоким относительным удлинением на пористость (об. %) каталитического слоя покрытия, полученной при «Измерительном тесте пористости каталитического слоя покрытия» («Доля поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот (%)» = «пористость поры с высоким относительным удлинением (об. %)» / «пористость каталитического слоя покрытия (об. %)» × 100).

[0085]

В результате доля поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот в Примере 5 составила 11,1 об. %. Дополнительно в Таблицах 1-8 показаны результаты измерений (доля поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот) из Примеров, отличных от Примера 5, и Сравнительных примеров.

[0086]

(7) Измерительный тест 4 поры в каталитическом слое покрытия: угол ориентации поры с высоким относительным удлинением

Затем 80%-й кумулятивный угол при кумулятивном распределении угла на основе угла для угла (угла раствора) между вектором в продольном направлении поры с высоким относительным удлинением и вектором в направлении потока выхлопного газа на субстрате был определен как угол ориентации поры с высоким относительным удлинением. В данном случае способ измерения угла ориентации (80%-го кумулятивного угла) поры с высоким относительным удлинением был таким же, что и способ, раскрытый выше со ссылкой на Фигуры 4-6. В данном случае схема двухмерной проекции, полученная в Примере 5, такая же, что и схема двухмерной проекции, представленная на Фигуре 4, и Фигура 6 такая же, что и принципиальная схема, иллюстрирующая угол раствора поры с высоким относительным удлинением на схеме двухмерной проекции, полученной в Примере 5. Как показано на принципиальной схеме на Фигуре 6, был определен угол (угол раствора) между вектором (Y) в продольном направлении поры с высоким относительным удлинением и вектором (X) в направлении потока выхлопного газа (осевое направление ячеек) на субстрате, и 80%-й кумулятивный угол при кумулятивном распределении угла на основе угла был рассчитан для угла раствора посредством анализа трехмерного изображения. В данном случае угол ориентации (80%-й кумулятивный угол) поры с высоким относительным удлинением был определен посредством случайного извлечения 20 пор с высоким относительным удлинением, и определения 80%-ого кумулятивного угла при кумулятивном распределении угла на основе угла для угла (угла раствора) для данных пор с высоким относительным удлинением для обеспечения среднего значения. В Таблицах 1-8 показаны соответствующие полученные результаты (80%-й кумулятивный угол).

[0087]

(8) Оценочный тест каталитических характеристик

Образец катализатора, полученный в каждом из Примеров 1-42 и Сравнительных примерах 1-133, был подвергнут измерительному тесту эффективности преобразования NOx, раскрытому ниже, и были оценены каталитические характеристики каждого катализатора.

[0088]

(Измерительный тест эффективности преобразования NOx)

Образец катализатора, полученный в каждом из Примеров 1-42 и Сравнительных примеров 1-133, был подвергнут измерительному тесту эффективности преобразования NOx в атмосфере в переходном режиме во время переходного периода, как раскрыто ниже.

Т. е. был использован однорядный четырехцилиндровый двигатель 2,4 л для регулирования воздушно-топливного отношения с обратной связью с целевыми значениями 14,1 и 15,1, и эффективность преобразования NOx была рассчитана из среднего количества NOx, выпущенного при переключении воздушно-топливного отношения. Условия эксплуатации двигателя и установка трубопровода были отрегулированы таким образом, что масса входящего воздуха составила 40 (г/сек), а температура газа, поступающего в катализатор, была 750°C.

[0089]

3. Результаты

(1) Взаимосвязь между объемом покрытия каталитического слоя покрытия и каталитическими характеристиками

На Фигуре 7 показан график, представляющий взаимосвязь между объемом покрытия каталитического слоя покрытия и эффективностью преобразования NOx, в качестве графика, представляющего результаты оценочного теста каталитических характеристик для каждого катализатора, полученного в Примерах 1-42 и Сравнительных примерах 1-133. Как становится понятно из сравнения результатов в Примерах 1-42 и результатов в Сравнительных примерах 1-133, показанных на Фигуре 7 и представленных в Таблицах 1-8, подтвердилось, что катализатор очистки выхлопного газа в каждом из Примеров 1-42 показал отличные каталитические характеристики при объеме покрытия каталитического слоя покрытия, составляющем от 50 до 300 г/л, даже на в области высокой нагрузки с высоким расходом газа.

[0090]

(2) Взаимосвязь между средней толщиной каталитического слоя покрытия и каталитическими характеристиками

На Фигуре 8 показан график, представляющий взаимосвязь между средней толщиной каталитического слоя покрытия и эффективностью преобразования NOx, в качестве графика, представляющего результаты оценочного теста каталитических характеристик для каждого катализатора, полученного в Примерах 1-42 и Сравнительных примерах 1-133. Как становится понятно из сравнения результатов в Примерах 1-42 и результатов в Сравнительных примерах 1-133, показанных на Фигуре 8 и представленных в Таблицах 1-8, подтвердилось, что катализатор очистки выхлопного газа в каждом из Примеров 1-42 показал отличные каталитические характеристики при средней толщине каталитического слоя покрытия, составляющей от 25 до 160 мкм, даже в области высокой нагрузки с высоким расходом газа.

[0091]

(3) Взаимосвязь между размером частиц катализатора и каталитическими

характеристиками

На Фигуре 9 показан график, представляющий взаимосвязь между размером частиц катализатора (15%-й кумулятивный размер частицы катализатора при кумулятивном распределении размера частицы на основе площади поперечного сечения частиц) и эффективностью преобразования NOx, в качестве графика, представляющего результаты оценочного теста каталитических характеристик для каждого катализатора, полученного в Примерах 1-42 и Сравнительных примерах 1-133. Как становится понятно из сравнения результатов в Примерах 1-42 и результатов в Сравнительных примерах 1-133, показанных на Фигуре 9 и представленных в Таблицах 1-8, подтвердилось, что катализатор очистки выхлопного газа в каждом из Примеров 1-42 показал отличные каталитические характеристики при размере частицы катализатора (15%-й кумулятивный размер частицы катализатора на основе площади поперечного сечения), составляющем от 3 до 10 мкм, даже в области высокой нагрузки с высоким расходом газа.

[0092]

(4) Взаимосвязь между пористостью каталитического слоя покрытия и каталитическими характеристиками

На Фигуре 10 показан график, представляющий взаимосвязь между пористостью каталитического слоя покрытия (пористость измерена способом взвешивания в воде) и эффективностью преобразования NOx, в качестве графика, представляющего результаты оценочного теста каталитических характеристик для каждого катализатора, полученного в Примерах 1-42 и Сравнительных примерах 1-133. Как становится понятно из сравнения результатов в Примерах 1-42 и результатов в Сравнительных примерах 1-133, показанных на Фигуре 10 и представленных в Таблицах 1-8, подтвердилось, что катализатор очистки выхлопного газа в каждом из Примеров 1-42 показал отличные каталитические характеристики при пористости каталитического слоя покрытия, находящейся в диапазоне от 50 до 80 об. %, даже в области высокой нагрузки с высоким расходом газа.

[0093]

(5) Взаимосвязь между средним относительным удлинением поры с высоким относительным удлинением и каталитическими характеристиками

Сначала, на Фигуре 11 показан график, представляющий взаимосвязь между средним относительным удлинением (определенным посредством анализа любой поры, эквивалентный диаметр окружности которой на изображении поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате, был равен 2 мкм или больше, и соответствующим относительному удлинению поры с высоким относительным удлинением, имеющей относительное удлинение, равное 5 или больше, среди анализируемых пор) и частотой (%) поры с высоким относительным удлинением катализатора, полученными в Примере 5. В данном случае на Фигуре 11 также представлена взаимосвязь между относительным удлинением и частотой (%) поры катализатора, полученными в Сравнительном примере 4. При сравнении результата в Примере 5 и результата в Сравнительном примере 4, показанных на Фигуре 11, подтвердилось, что сравнительный катализатор очистки выхлопного газа в Сравнительном примере 4 обладал очень малым количеством пор с высоким относительным удлинением.

[0094]

Затем на Фигуре 12 показан график, представляющий взаимосвязь между средним относительным удлинением (определенным посредством анализа любой поры, эквивалентный диаметр окружности которой на изображении поперечного сечения

каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа на субстрате, был равен 2 мкм или больше, и соответствующим относительному удлинению поры с высоким относительным удлинением, имеющей относительное удлинение, равное 5 или больше, среди анализируемых пор) и эффективностью преобразования NOx поры с высоким относительным удлинением, в качестве графика, представляющего результаты оценочного теста каталитических характеристик для каждого катализатора, полученного в Примерах 1-42 и Сравнительных примерах 1-133. Как становится понятно из сравнения результатов в Примерах 1-42 и результатов в Сравнительных примерах 1-133, показанных на Фигуре 12 и представленных в Таблицах 1-8, подтвердилось, что катализатор очистки выхлопного газа в любом из Примеров 1-42 показал отличные каталитические характеристики при среднем относительном удлинении поры с высоким относительным удлинением, составляющем от 10 до 50, даже в области высокой нагрузки с высоким расходом газа.

[0095]

(6) Взаимосвязь между долей поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот и каталитическими характеристиками

На Фигуре 13 показан график, представляющий взаимосвязь между долей поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот (доля поры с высоким относительным удлинением) и эффективностью преобразования NOx, в качестве графика, представляющего результаты оценочного теста каталитических характеристик для каждого катализатора, полученного в Примерах 1-42 и Сравнительных примерах 1-133. Как становится понятно из сравнения результатов в Примерах 1-42 и результатов в Сравнительных примерах 1-133, показанных на Фигуре 13 и представленных в Таблицах 1-8, подтвердилось, что катализатор очистки выхлопного газа в каждом из Примеров 1-42 показал отличные каталитические характеристики при доле поры с высоким относительным удлинением относительно всех пустот, составляющей от 0,5 до 50%, даже в области высокой нагрузки с высоким расходом газа.

[0096]

(7) Взаимосвязь между 80%-м кумулятивным углом поры с высоким относительным удлинением и каталитическими характеристиками

Сначала, на Фигуре 14 показан график, представляющий взаимосвязь между углом раствора (градусы (°), угол образован вектором Y в продольном направлении поры с высоким относительным удлинением и вектором X в направлении потока выхлопного газа на субстрате) и кумулятивной долей (%) поры с высоким относительным удлинением катализатора, полученного в Примере 16. Фигура 14 подтвердила, что угол раствора имеет распределение.

[0097]

Затем, на Фигуре 15 показан график, представляющий взаимосвязь между 80%-м кумулятивным углом (80%-й кумулятивный угол при кумулятивном распределении угла на основе угла (угла раствора), образованного вектором Y в продольном направлении поры с высоким относительным удлинением и вектором X в направлении потока выхлопного газа на субстрате) и эффективностью преобразования NOx поры с высоким относительным удлинением, в качестве графика, представляющего результаты оценочного теста каталитических характеристик для каждого катализатора, полученного в Примерах 1-42 и Сравнительных примерах 1-133. Как становится понятно из сравнения результатов в Примерах 1-42 и результатов в Сравнительных примерах 1-133, показанных на Фигуре 15 и представленных в Таблицах 1-8, подтвердилось, что катализатор очистки выхлопного газа в каждом из Примеров 1-42 показал отличные

каталитические характеристики при угле ориентации (80%-м кумулятивном угле на основе угла) поры с высоким относительным удлинением, составляющем от 0 до 45 градусов ( $^{\circ}$ ), даже в области высокой нагрузки с высоким расходом газа.

[0098]

5 Результаты, представленные выше подтверждают, что катализатор очистки выхлопного газа настоящего изобретения является катализатором очистки выхлопного газа, который может показывать отличные каталитические характеристики даже в области высокой нагрузки с высоким расходом газа.

[0099]

10 [Тест 2: Подготовка и оценка катализатора, содержащего два каталитического слоя покрытия]

1. Подготовка катализатора

(1) Сравнительный пример 1: двухслойный катализатор, подготовленный без порообразующего материала

15 (a) Нижний Pd-слой (Pd(1,0)/CZ(50)+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(75))

Был использован водный раствор нитрата палладия (производства Cataler Corporation) с содержанием благородного металла 8,8% по массе, и способом пропитки был подготовлен материал Pd/CZ, где Pd удерживался на сложном оксидном материале церия/циркония (сложный оксид из 30% по массе CeO<sub>2</sub>, 60% по массе ZrO<sub>2</sub>, 5% по массе Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 5% по массе La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: далее - «материал CZ»). Затем материал Pd/CZ, носитель сложного Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, содержащий 1% по массе La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и связующий компонент, основанный на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, были добавлены и суспендированы в дистиллированной воде с перемешиванием, таким образом, была подготовлена суспензия 1. При кумулятивном распределении размера частиц на основе площади поперечного сечения 15%-й кумулятивный размер частицы, содержащейся в суспензии, составил 3,3 мкм.

[0100]

30 Был обеспечен поток суспензии 1 в ячеистый субстрат из кордиерита (600H/3-9R-08, производства Denso Corporation), имеющий объем 875 см<sup>3</sup>, и излишнее содержимое затем было выдуть воздуходувкой для покрытия поверхности стенки субстрата. Покрытие было образовано так, чтобы содержать 1,0 г/л Pd, 75 г/л носителя сложного Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 50 г/л материала Pd/CZ, основываясь на объеме субстрата. После образования покрытия содержание воды было удалено в сушилке при 120 $^{\circ}$ C в течение 2 часов, а затем полученный объект был подвергнут обжигу в электрической печи при 500 $^{\circ}$ C в течение 2 часов. Толщина покрытия составила 35 мкм, основываясь на SEM-наблюдении, и пористость покрытия составила 73%, основываясь на способе взвешивания в воде.

[0101]

(b) Верхний Rh-слой (Rh(0,2)/CZ(60) + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(40))

40 Был использован водный раствор гидрохлорида родия (производства Cataler Corporation) с содержанием благородного металла 2,8% по массе, и способом пропитки был подготовлен материал Rh/CZ, где Rh удерживался на материале CZ. Затем материал Rh/CZ, носитель сложного Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, содержащий 1% по массе La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и связующий компонент, основанный на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, были добавлены и суспендированы в дистиллированной воде с перемешиванием, таким образом была подготовлена суспензия 2. При кумулятивном распределении размера частиц на основе площади поперечного сечения 15%-й кумулятивный размер частицы, содержащейся в суспензии, составил 3,2 мкм.

[0102]

5 Был обеспечен поток суспензии 2 в ячеистый субстрат, покрытый суспензией 1, и излишнее содержимое затем было выдуть воздуходувкой для покрытия поверхности стенки субстрата. Покрытие было образовано таким образом, чтобы содержать 0,2 г/л Rh, 40 г/л носителя сложного  $Al_2O_3$  и 60 г/л материала Rh/CZ, основываясь на объеме  
10 субстрата. После образования покрытия содержание воды было удалено в сушилке при  $120^{\circ}C$  в течение 2 часов, а затем полученный объект был подвергнут обжигу в электрической печи при  $500^{\circ}C$  в течение 2 часов. Толщина покрытия составила 27 мкм, основываясь на SEM-наблюдении, и пористость покрытия составила 68%, основываясь на способе взвешивания в воде.

[0103]

(2) Сравнительный пример 2: двухслойный катализатор, изготовленный с использованием порообразующего материала только в нижнем слое

15 Катализатор был изготовлен таким же способом, что и в Сравнительном примере 1, за исключением того, что дополнительно было добавлено 3% по массе волокна ПЭТ с диаметром ( $\varphi$ ) 2 мкм и длиной (Д) 80 мкм на основе массы частицы оксида металла в качестве порообразующего материала при подготовке суспензии 1. При кумулятивном распределении размера частиц на основе площади поперечного сечения, 15%-й кумулятивный размер частицы, содержащейся в суспензии 1, составил 3,4 мкм.  
20 Дополнительно в покрытии нижнего слоя, образованном с использованием суспензии 1, к которой был добавлен порообразующий материал, толщина покрытия составила 39 мкм, основываясь на SEM-наблюдении, и пористость покрытия составила 76%, основываясь на способе взвешивания в воде. Объемная доля поры с высоким относительным удлинением, равным 5 или больше, относительно всех пустот в покрытии  
25 составила 9%, а среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением составило 41 (обе величины основаны на трехмерном измерении FIB-SEM).

[0104]

(3) Сравнительный пример 3: двухслойный катализатор, изготовленный с использованием порообразующего материала в верхнем и нижнем слое

30 Катализатор был подготовлен таким же способом, что и в Сравнительном примере 1, за исключением того, что дополнительно было добавлено 3% по массе волокна ПЭТ с диаметром ( $\varphi$ ) 2 мкм и длиной (Д) 80 мкм на основе массы частицы оксида металла, в качестве порообразующего материала при подготовке суспензии 1 и суспензии 2. При кумулятивном распределении размера частиц на основе площади поперечного сечения,  
35 15%-й кумулятивный размер частицы, содержащейся в суспензии 2, составил 3,0 мкм. Дополнительно в верхнем слое покрытия, образованном с использованием суспензии 2, к которой был добавлен порообразующий материал, толщина покрытия составила 30 мкм, основываясь на SEM-наблюдении, а пористость покрытия составила 71%, основываясь на способе взвешивания в воде. Объемная доля поры с высоким относительным удлинением, равным 5 или больше, относительно всех пустот в покрытии  
40 составила 9%, а среднее относительное удлинение поры с высоким относительным удлинением составило 40 (обе величины основаны на трехмерном измерении FIB-SEM). В данном случае любые данные нижнего слоя покрытия, образованном с использованием суспензии 1, к которой был добавлен порообразующий материал,  
45 совпадают с (2), раскрытым выше.

[0105]

(4) Пример 1: двухслойный катализатор, изготовленный с использованием порообразующего материала только в верхнем слое

Катализатор был изготовлен таким же способом, что и в Сравнительном примере 1, за исключением того, что дополнительно было добавлено 3% по массе волокна ПЭТ с диаметром ( $\varphi$ ) 2 мкм и длиной ( $D$ ) 80 мкм на основе массы частицы оксида металла, в качестве порообразующего материала при подготовке суспензии 2. Любые данные

5 верхнего слоя покрытия, образованного с использованием суспензии 2, к которой был добавлен порообразующий материал, совпадают с (3), раскрытым выше. Дополнительно любые данные нижнего слоя покрытия, образованного с использованием суспензии 1, к которой не был добавлен порообразующий материал, совпадают с (1), раскрытым

10 выше.

[0106]

## 2. Оценка

(1) Оценка способности к накоплению кислорода (СНК) при условиях высокой Ga

Каждый катализатор был установлен на двигатель 2AR-FE (производства Toyota Motor Corporation), и регулирование воздушно-топливного отношения с обратной связью

15 выполнялось с целевыми значениями 14,1 и 15,1 при условии большой массы входящего воздуха (высокой Ga). Избыток или недостаток кислорода был рассчитан как разница стехиометрической точки и выходного сигнала датчика воздушно-топливного отношения при помощи следующего выражения, и максимальное количество поглощения кислорода ( $C_{max}$ ) было оценено как СНК. Масса входящего воздуха была

20 установлена как 40 г/с или больше.

$C_{max} \text{ (g)} = 0,23 \times \Delta A/F \times \text{Количество впрыснутого топлива}$

[0107]

(2) Оценка характеристики удаления NOx при условии высокой Ga

Каждый катализатор был установлен на двигатель 2AR-FE

25 (производства Toyota Motor Corporation), воздушно-топливное отношение поддерживалось на стехиометрическом значении при выполнении регулирования с обратной связью, и характеристики удаления NOx были оценены в условиях большой массы входящего воздуха (высокая Ga). Масса входящего воздуха была установлена

30 как 40 г/с или больше.

[0108]

(3) Тест на долговечность

Каждый катализатор был установлен на двигатель 1UR-FE (производства Toyota Motor Corporation), и были проведены тестовые испытания на ускоренный износ при

35 1000°C (температура подложки катализатора) в течение 25 часов. Здесь состав выхлопного газа зависит от регулирования положения дроссельной заслонки и нагрузки двигателя, а также от повторения определенного цикла: из обогащенного состояния к стехиометрическому состоянию и к обедненному состоянию, что, таким образом, позволяет ускорить износ. Когда выхлопной газ со стехиометрической атмосферой

40 (воздушно-топливное отношение  $A/F = 14,6$ ) был направлен в катализатор после теста на долговечность и нагрет до 500°C, была измерена температура ( $T_{50-NOx}$ ), при которой эффективность преобразования NOx составила 50%.

[0109]

## 3. Результаты

На Фигуре 16 показан график, представляющий собой результаты измерений

45 максимального количества поглощения кислорода ( $C_{max}$ ) в условиях высокой Ga, и на Фигуре 17 показан график, представляющий собой результаты измерений эффективности преобразования NOx при условии высокой Ga. Катализатор в Примере 1, изготовленный

посредством использования порообразующего материала только в верхнем слое, показал отличные результаты с точки зрения способности к накоплению кислорода и характеристики удаления NOx в условиях высокой Ga, по сравнению с катализатором в Сравнительных примерах 1-3. Изначально предполагалось, что этап управления скоростью диффузии газа был осуществлен в верхнем слое покрытия, при этом значительный эффект не был обнаружен, даже если была увеличена диффузия только в нижнем слое покрытия, как в Сравнительном примере 2. В то же время, если была увеличена диффузия газа в верхнем и нижнем слое покрытия, как в Сравнительном примере 3, то проникновение газа легко происходило в нижний слой, и наоборот, газ с трудом подвергался очистке в верхнем слое, и поэтому эффективность очистки не могла быть обеспечена в достаточной мере, когда высокоактивный слой Rh был использован в качестве верхнего слоя с учетом термоустойчивости.

[0110]

На Фигуре 18 показан график, представляющий собой результаты измерений температуры (T50-NOx), при которой эффективность преобразования NOx катализатора после тестовых испытаний на долговечность составила 50%. Было определено, что катализатор в Примере 1, изготовленный посредством использования порообразующего материала только в верхнем слое, сравним с катализатором в Сравнительном примере 1, изготовленным без использования порообразующего материала, с точки зрения термоустойчивости.

[0111]

Все документы, патенты и патентные публикации, цитируемые в данном описании, включены в настоящую заявку посредством ссылки в том виде, как они есть.

(57) Формула изобретения

1. Катализатор очистки выхлопного газа, содержащий два или больше каталитических слоев покрытия на субстрате, в котором

каждый каталитический слой покрытия содержит частицы катализатора, имеющие состав, отличающийся от прилежащего каталитического слоя покрытия;

в верхнем каталитическом слое покрытия

средняя толщина слоя покрытия находится в диапазоне от 25 мкм до 160 мкм,

пористость, измеренная способом взвешивания в воде, находится в диапазоне от 50 до 80% от объема, и

поры с высоким относительным удлинением, имеющие относительное удлинение, равное 5 или больше, занимают от 0,5 до 50% от общего объема пустот, и

пора с высоким относительным удлинением имеет эквивалентный диаметр

окружности от 2 мкм до 50 мкм на изображении поперечного сечения каталитического слоя покрытия, перпендикулярного направлению потока выхлопного газа, и имеет среднее относительное удлинение от 10 до 50.

2. Катализатор очистки выхлопного газа по п. 1, у которого в верхнем каталитическом слое покрытия поры с высоким относительным удлинением ориентированы таким образом, что 80%-й кумулятивный угол при кумулятивном распределении угла на основании угла (угла раствора) между вектором в продольном направлении поры с высоким относительным удлинением и вектором в направлении потока выхлопного газа на субстрате находится в диапазоне от 0 до 45 градусов.

3. Катализатор очистки выхлопного газа по п. 1, у которого при кумулятивном распределении размера частиц на основе площади поперечного сечения 15%-й кумулятивный размер частиц катализатора, содержащихся в верхнем каталитическом

слое покрытия, находится в диапазоне от 3 мкм до 10 мкм.

4. Катализатор очистки выхлопного газа по п. 1, у которого при кумулятивном распределении размера частиц на основе площади поперечного сечения 15%-й кумулятивный размер частиц катализатора, содержащихся в верхнем каталитическом слое покрытия, находится в диапазоне от 3 мкм до 10 мкм.

5. Катализатор очистки выхлопного газа по п. 1, у которого в верхнем каталитическом слое покрытия объем покрытия находится в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата.

6. Катализатор очистки выхлопного газа по п. 2, у которого в верхнем каталитическом слое покрытия объем покрытия находится в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата.

7. Катализатор очистки выхлопного газа по п. 3, у которого в верхнем каталитическом слое покрытия объем покрытия находится в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата.

8. Катализатор очистки выхлопного газа по п. 4, у которого в верхнем каталитическом слое покрытия объем покрытия находится в диапазоне от 50 до 300 г/л от объема субстрата.

20

25

30

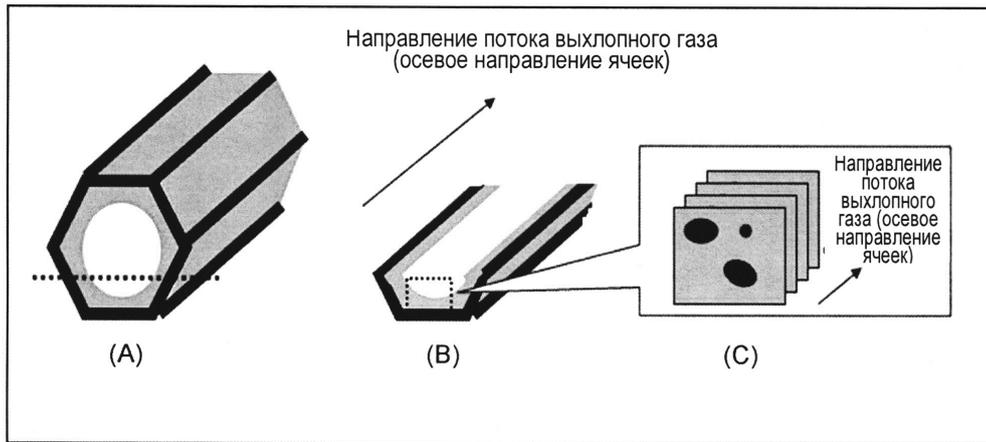
35

40

45

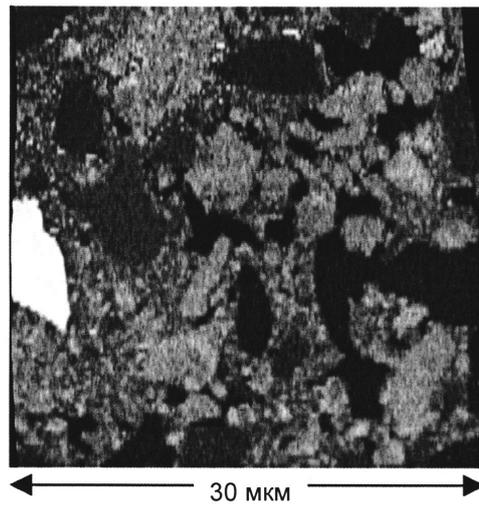
1

Фиг. 1

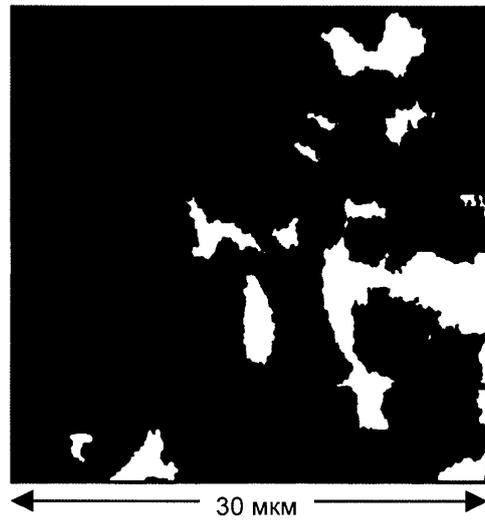


2

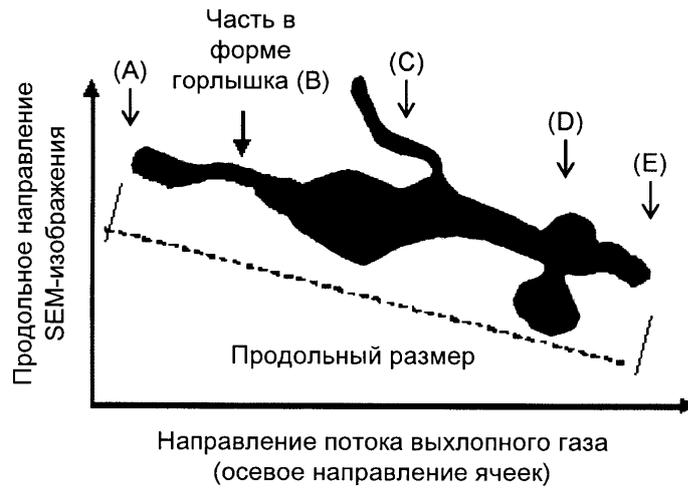
Фиг. 2



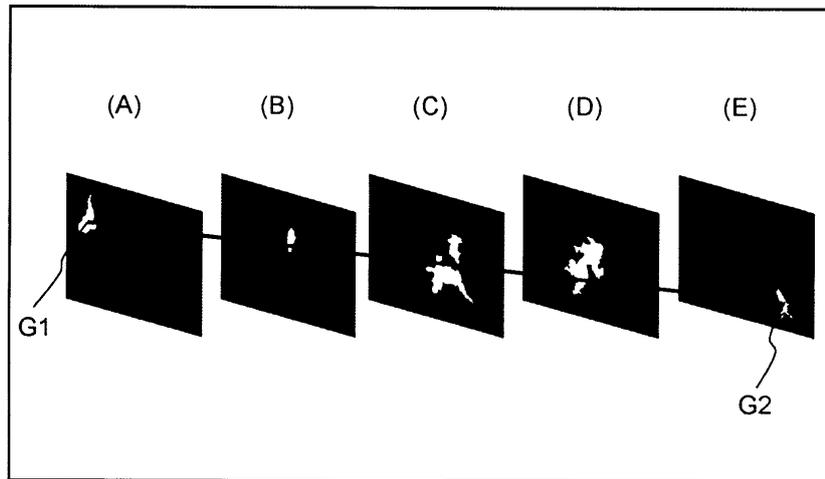
Фиг. 3



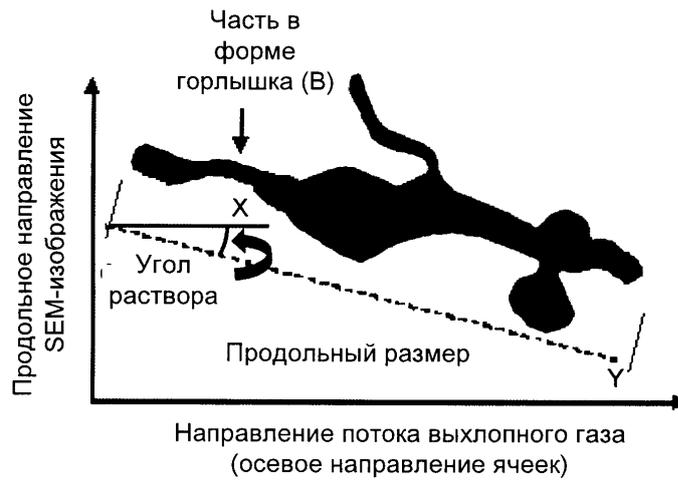
Фиг. 4



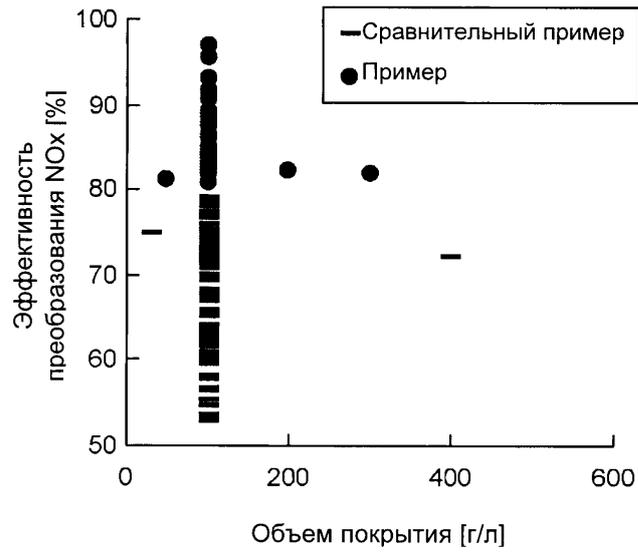
Фиг. 5



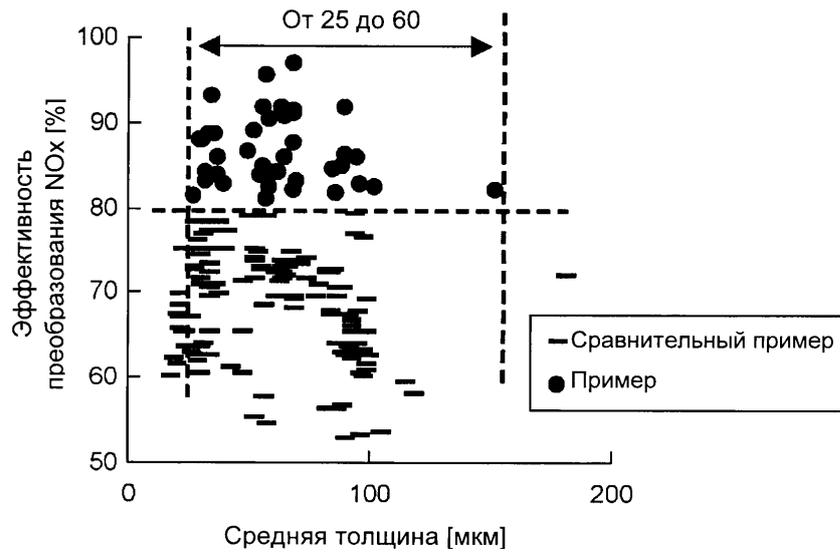
Фиг. 6



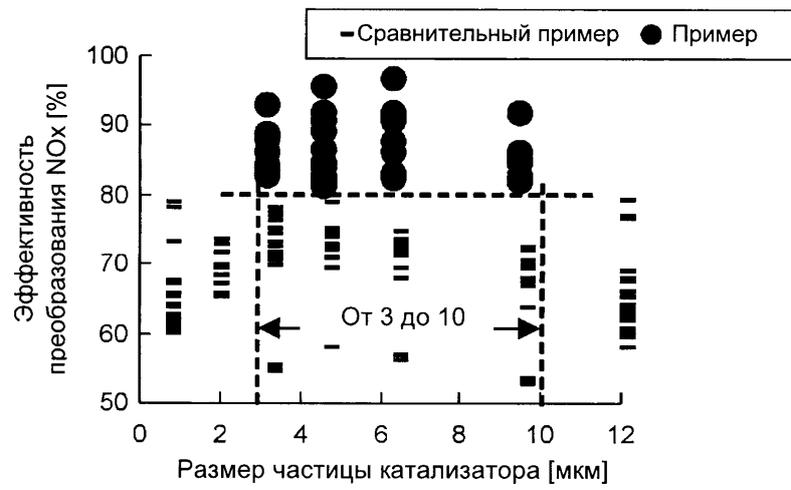
Фиг. 7



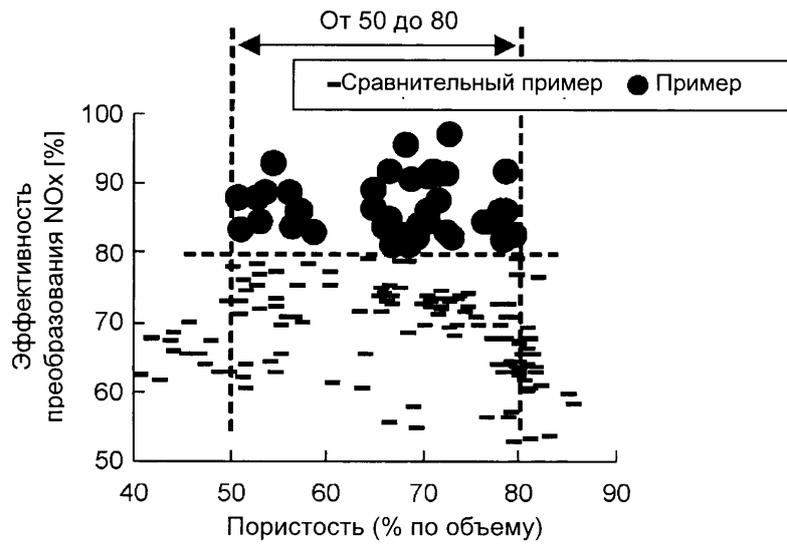
Фиг. 8



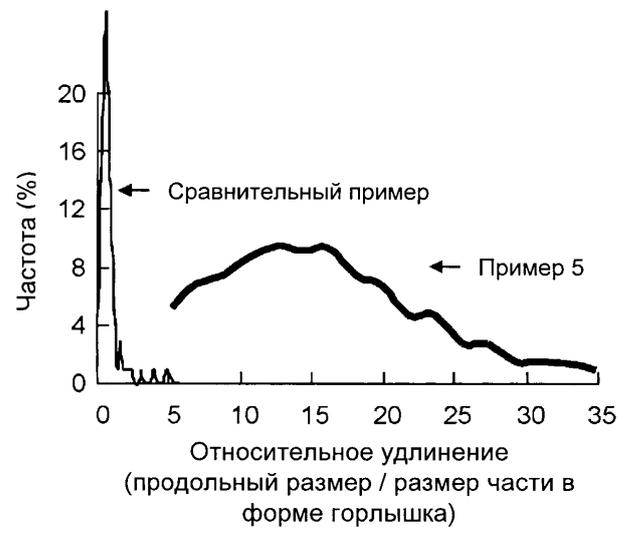
Фиг. 9



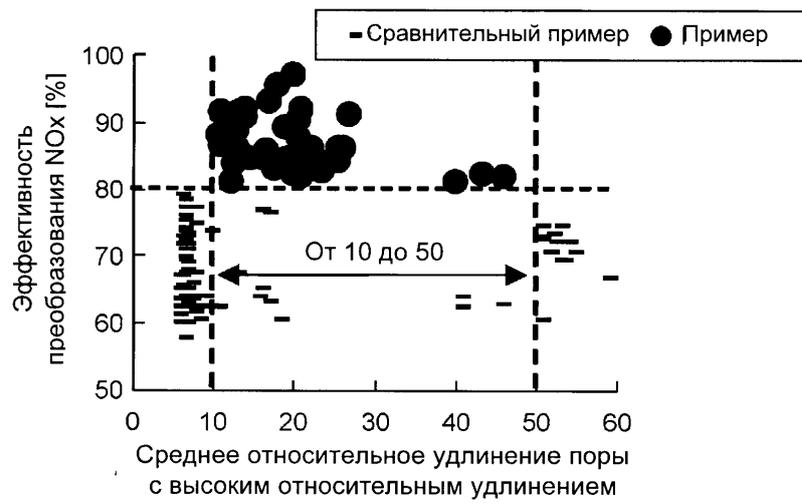
Фиг. 10



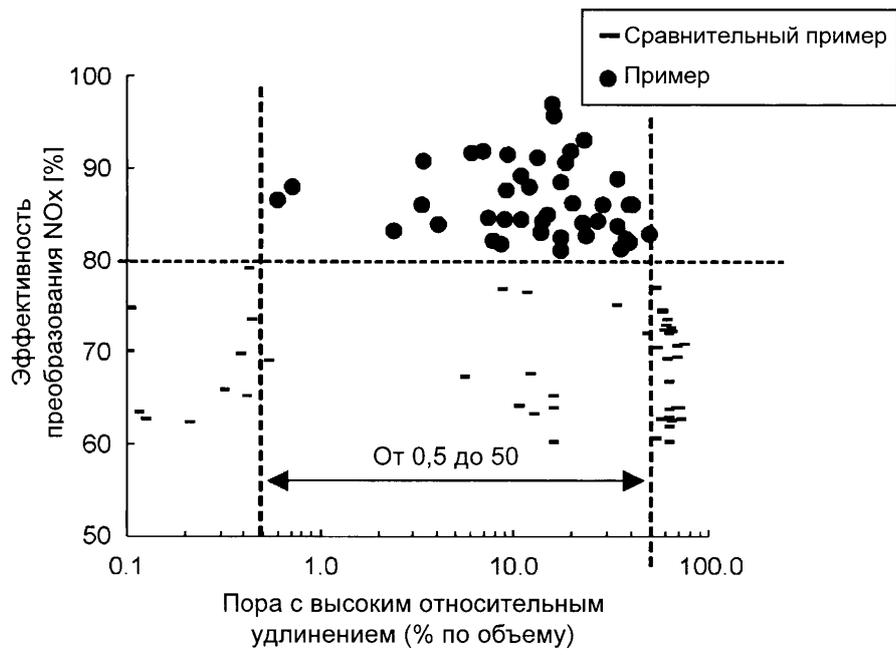
Фиг. 11



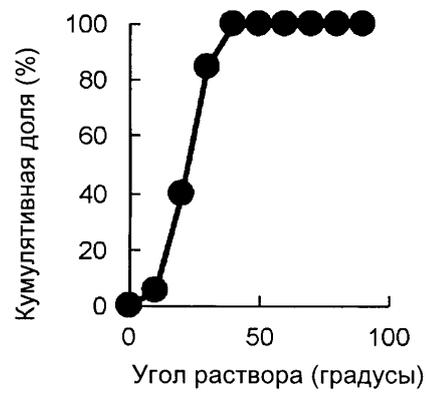
Фиг. 12



Фиг. 13

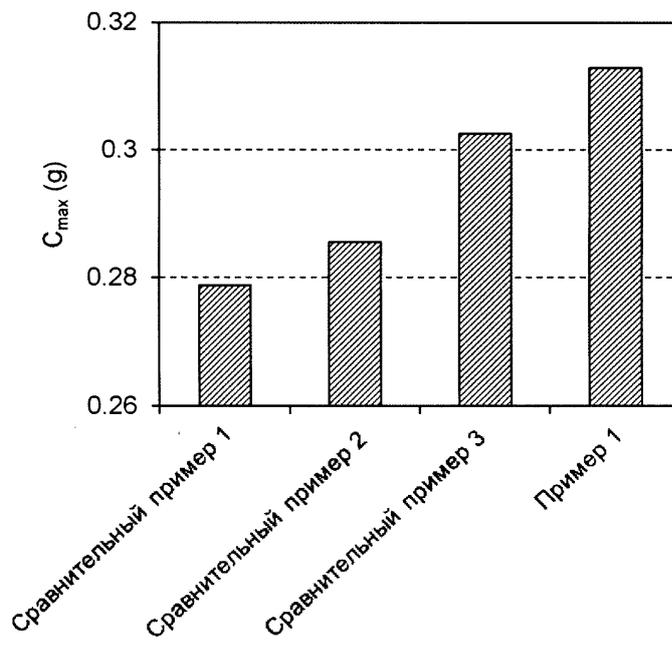


Фиг. 14

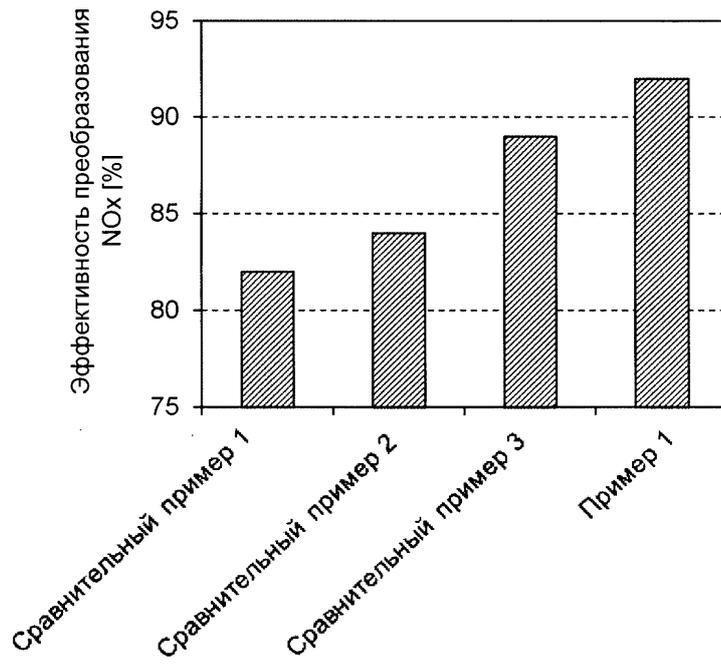




Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18

