

На правах рукописи

ЖУЙКОВА АЛЕКСАНДРА АНАТОЛЬЕВНА

**РАЗРАБОТКА ПРОНИЦАЕМЫХ СВС-МАТЕРИАЛОВ
И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ
КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В
ФИЛЬТРАХ-НЕЙТРАЛИЗАТОРАХ
ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ**

Специальность 05.02.01 – «Материаловедение» в отрасли
«Машиностроение»
(технические науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул – 2007

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Алтайский государственный
технический университет им.И.И.Ползунова»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Новоселов Александр Леонидович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Гуляев Павел Юрьевич

кандидат технических наук,
Пролубников Владимир Иванович

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Новосибирская
государственная академия водного
транспорта»

Защита диссертации состоится 29 мая 2007 года в 12.00 на
заседании диссертационного совета Д212.004.07 при ГОУ ВПО
«Алтайский государственный технический университет» по адресу:
656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46

Автореферат разослан 27 апреля 2007 года и помещен на сайте
АлтГТУ

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

А.А.Бердыченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Развитие машиностроения связано с использованием новых материалов и появлением новых технологий их изготовления. Во всем мире большой интерес представляет использование металлокерамики для изготовления фильтрующих элементов, предназначенных для очистки газов и дымовых выбросов.

Наряду с теоретическими и экспериментальными исследованиями состава, строения и свойств материалов, разработкой научных основ выбора материалов с заданными свойствами, конструированием и созданием новых видов материалов для машиностроения актуальной является проблема разработки и совершенствования методов математических и экспериментальных исследований их физико-механических и эксплуатационно-функциональных свойств.

Проблема особо остро стоит в отношении пористых проницаемых материалов, полученных с применением технологий самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), так как их физико-механические и эксплуатационные свойства до конца не изучены. Это ограничивает перспективы их использования в машиностроении.

Разработка новых недорогих пористых проницаемых материалов для фильтров различного назначения, определение их эксплуатационных свойств является актуальной задачей, решение которой позволит создать эффективные фильтры, применяемые в машиностроении, например, при очистке выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания.

Целью работы является создание нового пористого проницаемого СВС-материала для использования в изделиях машиностроения и определение его физико-механических и эксплуатационно-функциональных свойств.

Задачи исследования.

1. Разработать математическую модель процесса очистки газов в полученных с применением СВС-технологий каталитических нейтрализаторах.
2. Экспериментально изучить структуру, физико-механические и эксплуатационно-функциональные свойства СВС-материалов на основе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Ni-Al}$.
3. Экспериментально изучить каталитические свойства различных по составу и структуре СВС-материалов.
4. Разработать и апробировать методики, конструкции экспериментальных устройств для изучения свойств СВС-материалов.

5. Разработать устройства каталитических нейтрализаторов с пористыми проницаемыми СВС-блоками для очистки газовых сред.

Объектом исследования являются пористые проницаемые СВС-каталитические материалы на основе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Ni-Al}$ для нейтрализаторов и фильтров отработавших газов в изделиях машиностроения и их эксплуатационно-функциональные свойства.

Научная новизна.

1. Установлена и обоснована возможность получения с применением СВС-технологий и использования каталитических материалов, не содержащих (или содержащих минимальное количество) благородные и редкоземельные металлы.
2. Разработана математическая модель для оценки эксплуатационно-функциональных качеств СВС-материалов, применяемых для очистки газов, в зависимости от температуры, физико-химических свойств, характеристик пористых материалов, состава шихты.
3. Определено, что при увеличении диаметра пор в проницаемых каталитических СВС-материалах качество очистки отработавших газов от газообразных веществ повышается, а от твёрдых частиц снижается.
4. Определено, что каталитические свойства СВС-материалов, для изготовления которых в состав шихты вводят 19 % оксида хрома, 7,2 % хрома, 12,5 % никеля, 0,3 % иридия, 0,4 % родия, при очистке газовых сред повышаются относительно материалов, содержащих платину, на 15–20 %.
5. На основе разработанных составов проницаемых каталитических СВС-материалов разработаны конструкции экспериментальных и промышленных образцов каталитических нейтрализаторов для применения в машиностроении, защищенные четырьмя патентами РФ.

Практическая значимость.

Полученные в работе результаты позволили получить с помощью СВС-технологии каталитические материалы нового вида, не содержащие благородные металлы, для нейтрализаторов отработавших газов с высокими эксплуатационными характеристиками.

Работа выполнена в рамках программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям» № 01200605509 «Разработка каталитических материалов на основе СВС-технологий для каталитических нейтрализаторов отработавших газов» по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации.

Реализация результатов исследований.

Разработанный состав шихты применяется для изготовления каталитических фильтров на ПО «Алтайский машиностроительный завод».

Результаты работы дали возможность сократить использование благородных и редкоземельных металлов.

Материалы диссертации используются в учебном процессе Алтайского государственного технического университета в курсах лекций «Новые и перспективные конструкционные материалы» и «Конструкционные и защитно-отделочные материалы в автомобилестроении».

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на ежегодных научных конференциях преподавателей и сотрудников АлтГТУ в 1999-2006 годах, постоянно-действующем семинаре Автотранспортного факультета АлтГТУ, Международной научно-технической конференции по СВС-материалам «Проблемы промышленных СВС-технологий и свойства материалов» в 2006 году, VI Всероссийской конференции «Политранспортные системы» в Красноярском государственном техническом университете в 2006 году.

Публикации.

Все основные положения диссертации опубликованы в 12 печатных работах, в том числе одна статья в журнале «Ползуновский вестник», входящем в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий рекомендованных ВАК. Получены четыре патента Российской Федерации на устройства нейтрализаторов с блоками из разработанных пористых каталитических СВС-материалов.

Структура и объём диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованной литературы, содержащего 245 источников отечественной и зарубежной литературы. Основная часть содержит 162 страницы текста, 27 таблиц, 34 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, изложена научная новизна и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе систематизирован, обобщен и сделан анализ работ, посвященных исследованию свойств и характеристик материалов, используемых в автомобильной промышленности при производстве каталитических нейтрализаторов и сажевых фильтров. Каталитические свойства материалов, оценены по степени очистки отработавших газов от вредных примесей.

Анализ изученных материалов позволил сделать следующие выводы:

- всеми ведущими фирмами автомобильной промышленности ведутся интенсивные работы по поиску материалов катализаторов, не содержащих благородные металлы, которые можно использовать в каталитических нейтрализаторах отработавших газов автомобильных дизелей;
- особое внимание при поиске материалов, которые можно использовать в каталитических нейтрализаторах, уделяется металлокерамике с пористой проницаемой структурой;
- представляют интерес материалы, полученные по СВС-технологиям, с управляемыми свойствами, способные заменить дорогостоящие материалы, в состав которых входят металлы платиновой группы;
- проведенные ранее исследования по изучению СВС-материалов не раскрывают всего комплекса эксплуатационных и физико-химических, в том числе каталитических, свойств материалов по качеству окисления продуктов неполного сгорания и восстановления оксидов азота;
- недостаточно рассмотрены вопросы математического моделирования при изучении функциональных свойств пористой металлокерамики.

На основании выводов были сформулированы задачи исследования, решение которых необходимо для достижения поставленной цели.

Во второй главе проведена оценка и математическое моделирование функциональных свойств пористых проницаемых каталитических материалов, полученных с применением СВС-технологий.

Стенку пористого проницаемого СВС-блока можно рассматривать в качестве фильтрующего элемента отработавших газов. Поскольку пористые фильтры, как правило, содержат в своем составе металлы-катализаторы, то правильно их следует называть пористыми каталитическими фильтрами. На данный момент нет удовлетворительной теории, связывающей эффективность очистки отработавших газов и гидравлическое сопротивление фильтра через физические параметры нейтрализатора: пористость, размеры и форму фильтров, наличие тупиковых пор, средний диаметр пор, коэффициент извилистости, шероховатость пор.

При рассмотрении процесса фильтрации твердых частиц из отработавших газов дизелей в пористых проницаемых СВС-блоках необходимо учитывать, что существует одновременно целый ряд явлений: изменение состояния газов; доокисление продуктов неполного сгорания; теплопередача и теплообмен; диффузия в порах; поглощение твердых частиц фильтрующим материалом; инерционный захват твердых частиц; пульсации потока газов.

Процессы очистки отработавших газов в каталитических нейтрализаторах в основном описаны полуэмпирически, строгой методики расчётов нейтрализаторов не существует, нет математических моделей, связывающих в единое целое систему выпуска, каталитический нейтрализатор и двигатель.

В разработанной модели использовались известные реакции окисления и восстановления каталитического нейтрализатора.

В выражения для скоростей прямых и обратных реакций автором были введены корректирующие коэффициенты изменения скорости реакций в зависимости от температуры и энергии активации в присутствии катализаторов.

Тогда выражения для скоростей реакций в присутствии конкретных катализаторов будут иметь вид

$$R_{+1} = \delta_{+1E} \cdot \delta_{+1T} \cdot K_{+1} \cdot c_{CO}^{0,7}; \quad (1)$$

$$R_{+2} = \delta_{+2E} \cdot \delta_{+2T} \cdot K_{+2} \cdot c_{CH} \cdot c_{O_2}^{0,2}; \quad (2)$$

$$R_{+3} = \delta_{+3E} \cdot \delta_{+3T} \cdot K_{+3} \cdot c_{CO} \cdot c_{H_2O}; \quad (3)$$

$$R_{-3} = \delta_{-3E} \cdot \delta_{-3T} \cdot K_{-3} \cdot c_{CO_2} \cdot c_{H_2}; \quad (4)$$

$$R_{+4} = \delta_{+4E} \cdot \delta_{+4T} \cdot K_{+4} \cdot c_{NO_2} \cdot c_{CO}; \quad (5)$$

$$R_{-4} = \delta_{-4E} \cdot \delta_{-4T} \cdot K_{-4} \cdot c_{O_2}^{0,5} \cdot c_{CO_2}; \quad (6)$$

$$R_{+5} = \delta_{+5E} \cdot \delta_{+5T} \cdot K_{+5} \cdot c_{H_2}^{2,5} \cdot c_{NO}; \quad (7)$$

$$R_{-5} = \delta_{-5E} \cdot \delta_{-5T} \cdot K_{-5} \cdot c_{NH_3} \cdot c_{H_2O}; \quad (8)$$

$$R_{+6} = \delta_{+6E} \cdot \delta_{+6T} \cdot K_{+6} \cdot c_{NH_3} \cdot c_{O_2}^{1,25}; \quad (9)$$

$$R_{-6} = \delta_{-6E} \cdot \delta_{-6T} \cdot K_{-6} \cdot c_{NO} \cdot c_{H_2O}^{1,5}; \quad (10)$$

$$R_{+7} = \delta_{+7E} \cdot \delta_{+7T} \cdot K_{+7} \cdot c_{H_2} \cdot c_{NO}; \quad (11)$$

$$R_{-7} = \delta_{-7E} \cdot \delta_{-7T} \cdot K_{-7} \cdot c_{H_2O} \cdot c_{N_2}^{0,5}; \quad (12)$$

$$R_{+8} = \delta_{+8E} \cdot \delta_{+8T} \cdot K_{+8} \cdot c_{CЖ} \cdot F_{уд} \cdot j_{CЖ} \cdot c_{CO_2}; \quad (13)$$

$$R_{-8} = \delta_{-8E} \cdot \delta_{-8T} \cdot K_{-8} \cdot c_{O_2}; \quad (14)$$

$$R_{+9} = \delta_{+9E} \cdot \delta_{+9T} \cdot K_{+9} \cdot c_{CЖ} \cdot F_{уд} \cdot j_{CЖ} \cdot c_{O_2} \cdot P_{O_2}; \quad (15)$$

$$R_{-9} = \delta_{-9E} \cdot \delta_{-9T} \cdot K_{-9} \cdot c_{CO}^2; \quad (16)$$

$$R_{+10} = \delta_{+10E} \cdot \delta_{+10T} \cdot K_{+10} \cdot c_{CЖ} \cdot F_{уд} \cdot j_{CЖ} \cdot c_{H_2O}; \quad (17)$$

$$R_{-10} = \delta_{-10E} \cdot \delta_{-10T} \cdot K_{-10} \cdot c_{CЖ} \cdot F_{уд} \cdot j_{CЖ} \cdot c_{CO} \cdot c_{H_2}; \quad (18)$$

$$R_{+11} = \delta_{+11E} \cdot \delta_{+11T} \cdot K_{+11} \cdot c_{H_2} \cdot c_{O_2}; \quad (19)$$

$$R_{-11} = \delta_{-11E} \cdot \delta_{-11T} \cdot K_{-11} \cdot c_{H_2} \cdot c_{O_2}; \quad (20)$$

$$R_{+12} = \delta_{+12E} \cdot \delta_{+12T} \cdot K_{+12} \cdot c_{CЖ} \cdot F_{уд} \cdot j_{CЖ} \cdot P_{H_2}; \quad (21)$$

$$R_{-12} = \delta_{-12E} \cdot \delta_{-12T} \cdot K_{-12} \cdot c_{CO}^{0,5}; \quad (22)$$

где $F_{уд}$ – удельная поверхность сажи, $F_{уд} = 474(\eta/\alpha + 0,0128 \cdot T_{max} - 52,8)$, м²/г;
 c – концентрация вредных веществ, г/м³;

$$j_{CЖ} – \text{время осаждения сажи, } j_{CЖ} = K_{CЖ} \cdot \exp\left[-\frac{E}{R \cdot T}\right];$$

δ_E – энергии активации в присутствии конкретных катализаторов;

δ_T – изменения скорости реакций в зависимости от температуры.

В модели рассматриваются суммарные скорости изменения вредных веществ по зонам и с учётом индивидуальных свойств катализаторов. А это значит, что система кинетических уравнений решается для отдельных зон. Существующая система кинетических уравнений справедлива с учётом уточнений и добавлений.

Система кинетических уравнений приобретает вид

$$\left(\frac{dc_{CO}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = -R_{+1} - R_{+3} + R_{.3} - R_{+4} + R_{.4} + 1/6 \cdot R_{+9} + R_{+10} + 2R_{+12}; \quad (23)$$

$$\left(\frac{dc_{CH}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = -R_{+2}; \quad (24)$$

$$\left(\frac{dc_{O_2}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = -0,5 \cdot R_{+1} - (x + 0,25y)R_{+2} - 1,25R_{+6} - 1/12 \cdot R_{+9} - R_{+11}; \quad (25)$$

$$\left(\frac{dc_{CO_2}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = R_{+1} + R_{+3} + R_{+4} + R_{+8} - R_{.8} - R_{+12} - R_{.3J} - R_{.4}; \quad (26)$$

$$\left(\frac{dc_{H_2O}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = R_{.3} + R_{+5} + R_{+6} + R_{+7} + R_{-10} + R_{+11}; \quad (27)$$

$$\left(\frac{dc_{H_2}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = R_{+3} + R_{.5} + R_{+7} + R_{+10}; \quad (28)$$

$$\left(\frac{dc_{NO}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = R_{+4} + R_{.5} + R_{+6} + R_{.7}; \quad (29)$$

$$\left(\frac{dc_{N_2}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = R_{+4} + R_{+7}; \quad (30)$$

$$\left(\frac{dc_{NH_3}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = R_{+5} + R_{.6}; \quad (31)$$

$$\left(\frac{dc_{CЖ}}{d\tau}\right)_J^\Sigma = R_{.7} + R_{.9} + R_{-10} + R_{-12}. \quad (32)$$

Численное решение системы уравнений позволяет проследить изменение состава отработавших газов в трассе выпуска по зонам.

Для определения состояния отработавших газов на входе в каталитический нейтрализатор используются следующие параметры: удельная масса, динамическая и кинетическая вязкость, средняя скорость.

Перенос вещества в порах осуществляется исключительно путём молекулярной диффузии по закону Фика.

Предположим, что СВС-блоки получены в результате горения конденсированных систем в виде материала, представляющего собой

соединения гранул носителя катализатора в виде пространственного каркаса.

Тогда можно описать степень очистки газов, общее количество тепла, теряемое с 1 м^2 поверхности корпуса фильтра.

Зная объём пористой массы каталитического блока и её удельную поверхность, можно определиться с площадью, воспринимаемой тепловой поток отработавших газов.

Если СВС-материалы в некотором приближении рассматривать как зернистые среды, то за основу при описании турбулентной фильтрации можно положить известную модель Эргана.

В результате математического моделирования была получена математическая зависимость, связывающая объём необходимого пористого проницаемого материала ($V_{\text{пм}}$, м^3) с размерами пор в пределах $100 \dots 120 \text{ мкм}$, расходом отработавших газов ($V_{\text{ог}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$), температурой отработавших газов $T_{\text{ог}}$, К.

$$V_{\text{пм}} = 0,21052 + (37,547 \cdot V_{\text{ог}} \cdot T_{\text{ог}} - 514,314 \cdot V_{\text{ог}} - 603501,63 \cdot T_{\text{ог}} - 2,111 \cdot V_{\text{ог}}^2 + 393,55 \cdot T_{\text{ог}}^2) \cdot 10^{-9} \quad (33)$$

Формула (33) действительна при определении необходимого объёма пористых проницаемых каталитических блоков в пределах изменений: $V_{\text{ог}} = 300 \dots 3160 \text{ м}^3/\text{ч}$; $V_{\text{пм}} = 0,0035 \dots 0,0380 \text{ м}^3$; $T_{\text{ог}} = 450 \dots 850 \text{ К}$.

При определении основных параметров каталитических нейтрализаторов с пористыми проницаемыми блоками, полученными с помощью СВС-технологий, возникают некоторые трудности, связанные с тем, что при увеличении толщины слоя (стенки) блока поверхность возрастает непропорционально. Это объясняется тем, что число сквозных пор уменьшается и появляется большое количество пор с «тупиковыми» каналами. Но, несмотря на это, в результате моделирования появляется возможность, с одной стороны, определить основные размеры каталитических блоков, а с другой, исходя из возможностей монтажа нейтрализаторов на машинах, определить эскизные параметры, позволяющие регулировать размеры за счёт размера пор в блоках.

В результате моделирования также были определены конструктивные характеристики насыпных катализаторов с псевдосжиженным слоем.

В третьей главе приведена методика проведения экспериментальных исследований каталитических свойств пористых проницаемых СВС-материалов.

Для проведения исследования процессов в каталитических нейтрализаторах в АлтГТУ создана установка. Она включает стенд, на кото-

ром вместо каталитического нейтрализатора введено устройство представленное на рисунке 1.

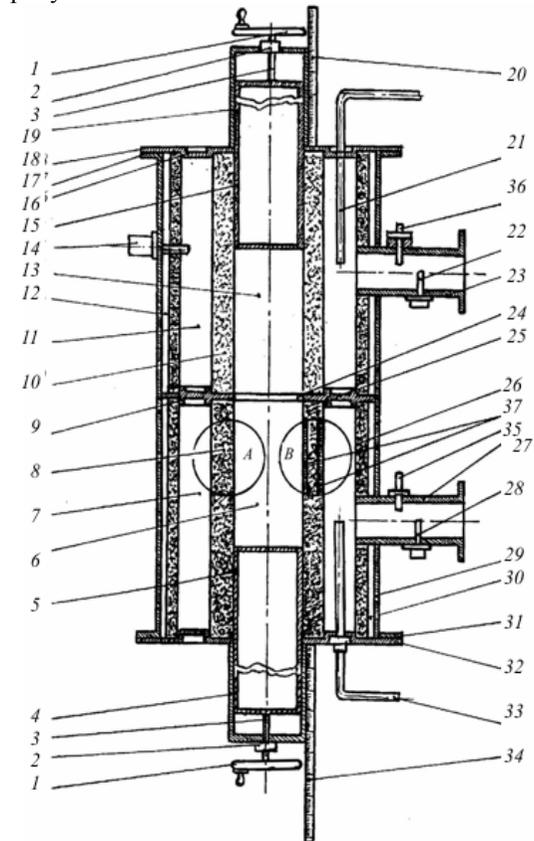


Рисунок 1 – Установка для исследования процессов дезактивации каталитических блоков нейтрализаторов для дизелей, где 1 – маховик, 2 – закрепленные гайки, 3 – штоки, 4, 19 – направляющие, 5, 15 – полые барабаны 6 – полость, 7 – полость входа, 8 – пористый проницаемый окислительный блок, 9 – выступы 10 – восстановительный блок, 11 – выходную полость, 12, 30 – зазоры, 13 – первая внутреннюю полость, 14 - датчик температуры. 16 – торцевая крышка, 17, 31 – фланцы, 18, 32 – крышка, 22, 28 – датчики давления, 23 – выпускной патрубков, 24 – сквозное окно, 25 – поперечная перегородка, 26 – пористые проницаемые металлокерамические каталитические блоки, 27 – входной патрубков, 29 – корпус, 33, 21 – газоотборник, 34, 20 – линейки 35, 36 – распылитель

Особенностью установки является возможность при изучении свойств СВС-материалов имитировать размеры каталитических блоков, объёмы пористого материала с одновременным контролем качества очистки газов и влияния на процессы расходов газа, его температур.

Поскольку при использовании СВС-технологии для получения пористых каталитических блоков с послойным синтезом появляется возможность получения пор в радиальном направлении, использование барабанов для имитации загрязнения пор оправдано. Устройство обеспечило проведение исследований по дезактивации и регенерации каталитических блоков нейтрализаторов.

Для изучения эксплуатационно-функциональных свойств каталитических материалов, полученных с применением СВС-технологий, последовательно проводится определение влияния проницаемости, размеров пор, коэффициент извилистости пор, удельной величины теплового потока, химического состава на качество очистки отработавших газов

Для определения каталитических свойств пористых проницаемых СВС-материалов необходимым и достаточным является определение расхода газов, состава газов на входе и выходе, температур газов на входе и выходе из каталитического слоя.

Выбросы вредных веществ с отработавшими газами определялись по ГОСТ Р41.83-99.

Описанные методики и установки позволяют перейти к определению характеристик каталитических материалов нейтрализатора и анализу состава вредных веществ в отработавших газах.

В четвертой главе проведена экспериментальная оценка эксплуатационно-функциональных свойств пористых проницаемых СВС-каталитических материалов.

Получены следующие результаты экспериментальных исследований по оценке эксплуатационно-функциональных свойств пористых проницаемых каталитических СВС-материалов.

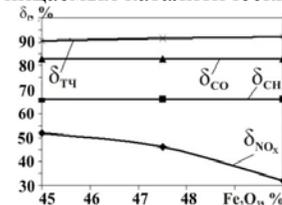


Рисунок 2 – Влияние содержания в шихте оксида железа на качество очистки газов δ_r

Увеличение содержания в шихте оксида железа с 45 до 50 % по массе практически не влияет на качество очистки газов от твёрдых частиц, оксида углерода, углеводородов и приводит к снижению качества очистки от оксидов азота с 55 до 32 % (рисунок 2).

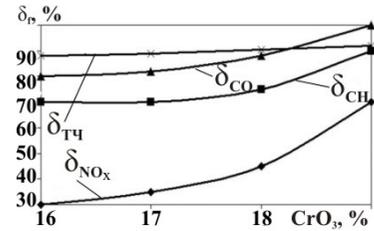


Рисунок 3 – Влияние содержания оксида хрома в шихте на качество очистки газов δ_f

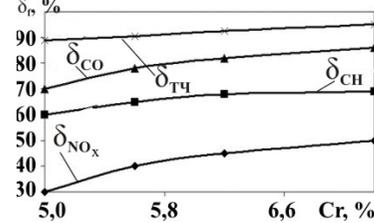


Рисунок 4 – Влияние содержания хрома в шихте на качество очистки газов δ_f

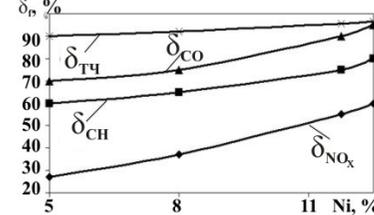


Рисунок 5 – Влияние содержания никеля в шихте на качество очистки газов δ_f

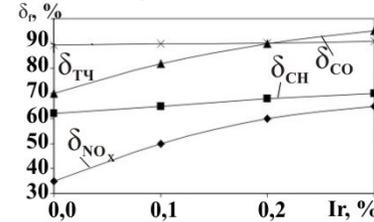


Рисунок 6 – Влияние содержания иридия в шихте на качество очистки газов δ_f

При увеличении содержания в шихте оксида хрома с 16 до 19 % по массе происходит повышение качества очистки газов: от твердых частиц – с 88 до 92 %; от оксида углерода с 82 до 96 %; от углеводородов – с 68 до 89 %; от оксидов азота – с 32 до 68 %, что свидетельствует об увеличении каталитических свойств (рисунок 3).

При увеличении содержания в шихте хрома с 5,0 до 7,2 % по массе повышается качество очистки газов: от твердых частиц – с 89 до 95 %; от оксида углерода – с 70 до 87 %; от углеводородов – с 62 до 68 %; от оксидов азота – с 32 до 50 % (рисунок 4).

Увеличение содержания в шихте никеля с 5,0 до 12,5 % по массе приводит к повышению качества очистки газов: от твердых частиц с 60 до 96; от оксида углерода – с 72 до 93 %; от углеводородов – с 62 до 78 %; от оксидов азота – с 27 до 60 % (рисунок 5).

Увеличение содержания в шихте иридия с 0,0 до 0,3 % приводит к повышению качества очистки газов: от твердых частиц – незначительно; от углеводородов – на 7 %; от оксида углерода – с 70 до 95 %, от оксидов азота – с 32 до 65 % (рисунок 6).

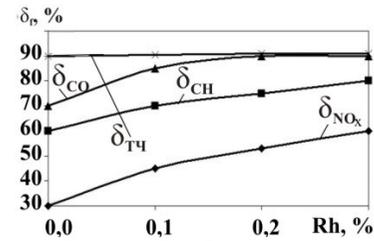


Рисунок 7 – Влияние содержания родия в шихте на качество очистки газов δ_f

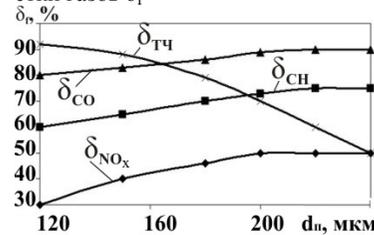


Рисунок 8 – Влияние среднего диаметра пор СВС-материала в шихте на качество очистки газов δ_f

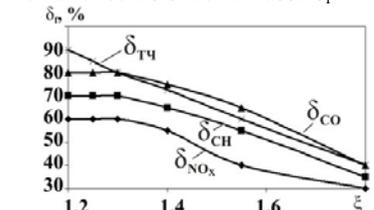


Рисунок 9 – Влияние коэффициента извилистости пор СВС-материала в шихте на качество очистки газов δ_f

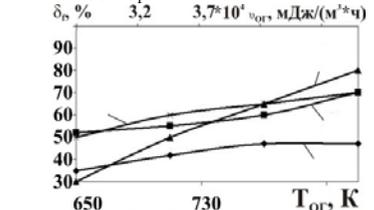


Рисунок 10 – Влияние температуры газов на качество очистки δ_f их в СВС-катализаторе

Увеличение содержания в шихте родия до 0,3 % приводит к повышению качества очистки газов: от твердых частиц – незначительно; от оксида углерода с 70 до 90 %; от углеводородов – с 60 до 78 %; от оксидов азота – с 32 до 57 % (рисунок 7).

При изменении среднего диаметра пор до 180...200 мкм происходит улучшение качества очистки газов от газообразных вредных веществ и ухудшение очистки от твердых частиц (рисунок 8).

При увеличении коэффициента извилистости от 1,2 до 1,4 качество очистки газов от оксидов азота, углеводородов, оксидов углерода практически не меняется, а при увеличении коэффициента извилистости от 1,4 до 1,8 резко падает на 30 %. Качество очистки от твердых частиц при увеличении коэффициента извилистости пор СВС-материала от 1,2 до 1,8 уменьшается на 50 % (рисунок 9).

Увеличение теплового потока с 62967 до 150852 Дж/с приводит к повышению качества очистки газов от твердых частиц в 1,5 раза, оксидов азота – в 4,25 раза; оксида углерода – в 1,4 раза; углеводородов - в 1,5 раза (рисунок 10).

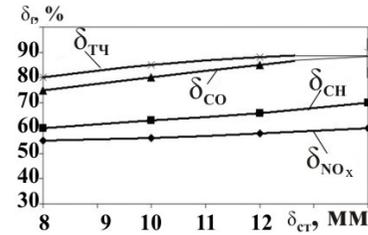


Рисунок 11 – Влияние толщины фильтрующей стенки на качество очистки газов δ_f в пористом СВС-блоке

При увеличении толщины стенки с 8 до 14 мм отмечается улучшение качества очистки от твердых частиц с 80 до 90 %. Изменения качества очистки газов от оксида углерода, углеводородов, оксидов азота незначительно (рисунок 11).

Испытания были проведены на отработавшем газе двигателей внутреннего сгорания с расходом $382 \text{ м}^3/\text{ч}$ с температурой 880 К. Длина полого цилиндра из СВС-каталитического материала составляла 0,225 м, внешний диаметр 0,138 м, толщина стенки 0,012 м, средний диаметр пор составлял от 130 мкм.

Общие выводы

1. Разработана математическая модель очистки газов в пористых проницаемых материалах, полученных по СВС-технологиям, позволяющая анализировать процессы катализа в зависимости от температуры, физико-химических свойств, характеристик пористых материалов, состава шихты. Адекватность результатов моделирования и эксперимента составляет $\pm 6-7 \%$.
2. Доказана возможность замены каталитических материалов, содержащих редкоземельные металлы родий и иридий, на материалы на основе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Ni-Al}$. Каталитические свойства материала снижаются по сравнению с родиевыми и иридиевыми каталитическими СВС-материалами на 15 % при температуре 800 К, но в то же время сохраняются на уровне иридиевых при 420–620 К.
3. Экспериментально установлено, что
 - при увеличении среднего диаметра пор до 180...200 мкм происходит улучшение качества очистки газов от газообразных вредных веществ и ухудшение очистки от твердых частиц;
 - качество очистки от твердых частиц при увеличении коэффициента извилистости пор СВС-материала от 1,2 до 1,8 уменьшается на 50 %;
4. Выявлено, что толщина пористой стенки влияет на очистку газов от твердых частиц. При увеличении толщины стенки с 8 до 14 мм отмечается улучшение качества очистки газов от твердых частиц с 80 до

90 %, качество очистки от газообразных вредных веществ изменяется незначительно.

5. Увеличение содержания в шихте оксида железа с 45 до 50 % по массе практически не влияет на качество очистки газов от твердых частиц, оксида углерода, углеводородов и приводит к снижению качества очистки от оксидов азота с 55 до 32 %.

При увеличении содержания в шихте оксида хрома до 19 %, хрома до 7,2 %, никеля до 12,5 %, иридия до 0,3 %, родия до 0,4 % каталитические свойства полученного материала при использовании его в очистке газовых сред увеличивается.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих работах

1. **Мельберт, А.А.** Механизмы регенерации каталитических нейтрализаторов для дизелей / А.А.Мельберт, А.А.Новоселов, А.А.Жуйкова, Р.А.Пугач // Ползуновский вестник, Барнаул: Изд-во АлтГТУ. – 2006. – №4. – С.157–151.
2. **Патент №2267014 РФ**, МПК F01N3/28 27.12.2005. Кассетный каталитический нейтрализатор / А.Л.Новоселов, С.Н.Павлов, А.А.Мельберт, А.А.Жуйкова – №20041101268/06; Заявл.05.04.2004; Оpubл. в 2005, №11 (Россия). – 6 с.
3. **Патент №2272159 РФ**, МПК F01N 3/02 20.03.2006. Секционный каталитический нейтрализатор / А.Л.Новоселов, С.Н.Павлов, А.А.Мельберт, А.А.Жуйкова – №2004118127; Заявл.15.06.2004; Оpubл. в 2006, №8 (Россия). – 6 с.
4. **Патент №2272157 РФ**, МПК F01N3/02 20.03.2006. Мультициклонный нейтрализатор газов / А.Л.Новоселов, А.В.Стороженко, А.А.Мельберт, А.А.Жуйкова – №2004118126; Заявл.15.06.2004; Оpubл. в 2006, №8 (Россия). – 6 с.
5. **Патент №2272158 РФ**, МПК F01N 3/02 20.03.2006. Циклонный многоступенчатый нейтрализатор / А.Л.Новоселов, А.В.Стороженко, А.А.Мельберт, А.А.Жуйкова – №2004118128; Заявл.15.06.2004; Оpubл. в 2006, №8 (Россия). – 6 с.
6. **Павлов, С.Н.** Металлокерамические каталитические фильтры для нейтрализаторов отработавших газов дизелей / С.Н.Павлов, Н.Д.Новоселова, А.А.Жуйкова // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей /под ред. д.т.н., профессора А.Л. Новоселова /Академия транспорта РФ, АлтГТУ Барнаул, 2006. – С. 4–8.

7. **Жуйкова, А.А.** Очистка отработавших газов дизелей в каталитических нейтрализаторах / А.А.Жуйкова, А.А.Мельберг, А.Л.Новоселов // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей под ред. д.т.н., профессора, академика А.Л. Новоселова / Академия транспорта РФ, АлтГТУ Барнаул, 2006. – С. 9–22.
8. **Жуйкова, А.А.** Какими должны быть каталитические фильтры нейтрализаторов / А.А.Жуйкова, А.А.Мельберг, Н.Д.Новоселова // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. Статей /под ред. д.т.н., профессора, академика А.Л. Новоселова / Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова Барнаул, 2006. – С. 23–26.
9. **Новоселов, А.Л.** Эффективность применения пористых проницаемых СВС–каталитических блоков в нейтрализаторах / А.Л.Новоселов, С.Н.Павлов, А.А.Жуйкова // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. Статей /под ред. д.т.н., профессора, академика А.Л. Новоселова / Академия транспорта РФ, АлтГТУ Барнаул, 2006. – С. 47–56.
10. **Мельберг, А.А.** Работоспособность каталитических нейтрализаторов отработавших газов / А.А.Мельберг, А.А.Жуйкова, Л.С.Юдина // Вестник КГТУ. Серия Транспорт. Выпуск 40. 2006. – С.40–44.
11. **Новоселов, А.Л.** Влияние характеристик пористых СВС–материалов на процессы дезактивации каталитических фильтров / А.Л.Новоселов, А.А.Жуйкова, С.Н.Павлов, А.В.Кузнецов // Промышленные системы: материалы ШМ Всероссийская н.–т. конф. Красноярск, 22–24 ноября 2006 г.: В 2 ч. Ч1 /ред. В.Н.Катаргин. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – С.212–215.
12. **Новоселов, А.Л.** Закоксовывание пористых проницаемых СВС–каталитических блоков нейтрализаторов / А.Л.Новоселов, А.А.Мельберг, А.А.Жуйкова, С.Н.Павлов // Вестник КГТУ. Серия Транспорт. Выпуск 40. 2006. – С.62–66.