

ОТЗЫВ

официального оппонента Уткина Александра Васильевича
на диссертацию Побережной Ульяны Максимовны «Свойства воспламенительных составов на основе пористого кремния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Актуальность темы исследования

В настоящее время существует потребность в экологически безопасных и эффективных воспламенительных составах, которые могли бы заменить традиционные составы, содержащие токсичные тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть). Использование пористого кремния в качестве горючего, благодаря его уникальным свойствам и возможности создания нанокompозитных материалов, представляется весьма перспективным направлением. В настоящее время опубликовано достаточно большое количество работ, результаты которых подтверждают перспективность применения составов на основе пористого кремния с различными окислителями. Однако в этих работах практически отсутствуют сведения о свойствах применяемых составов на основе por-Si , в частности, нет данных об их механической чувствительности к удару, наколу и трению. Кроме того, не исследована их восприимчивость к импульсному электронному пучку и оптическому (лазерному) излучению, что может быть весьма актуально в случае применения таких соединений в качестве воспламенительных источников.

Работа Побережной Ульяны Максимовны посвящена изучению чувствительности к различным видам внешних воздействий энергонасыщенных композитов на основе пористого кремния, применяемых в качестве воспламенительных составов, и устанавливаются закономерности влияния окислителей и добавок на их свойства. Таким образом, рассматриваемые вопросы актуальны как с прикладной, так и с фундаментальной точек зрения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность

Побережная Ульяна Максимовна демонстрирует знание современных методов исследования и использует их для получения новых данных о свойствах воспламенительных составов на основе пористого кремния. Приведен большой объем экспериментальных исследований, охватывающих широкий спектр свойств данных составов. Представленные научные положения и выводы хорошо обоснованы. Автор демонстрирует глубокое понимание физико-химических процессов, происходящих в энергонасыщенных материалах при различных видах внешнего воздействия.

Основные результаты исследований, представленных в диссертационной работе, докладывались на Международных и Всероссийских научных конференциях. По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ, из них: 6 публикаций в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science, 2 публикации в рецензируемых ВАК научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Достоверность полученных в ходе работы результатов и обоснованность выводов обеспечивается большим объемом экспериментальных данных, полученных по методикам соответствующих ГОСТов на сертифицированном оборудовании, воспроизводимостью результатов и глубоким анализом полученных данных.

Научная новизна результатов и выводов

Новизна работы заключается в получении данных по чувствительности составов на основе пористого кремния к механическим, электронно-пучковым и лазерным

воздействиям. Исследование чувствительности и энергетических характеристик композитов на основе пористого кремния к различным видам внешнего воздействия, позволяет расширить представления о механизмах взрывчатого превращения и создать воспламенительные системы с заданными характеристиками. Предложены модели ударного инициирования, позволяющие описать зависимость вероятности срабатывания от энергии падающего груза.

В частности, интересным представляется обнаруженный факт, что добавка графена может понижать чувствительность воспламенительных составов на основе пористого кремния при механическом инициировании и повышать их чувствительность при лазерном воздействии.

Практическая значимость диссертационной работы

Возможность внедрения окислителей и модификаторов в структуру пористого кремния позволяет формировать энергонасыщенные материалы с энергией, сопоставимой с традиционными инициирующим взрывчатым веществам, но с меньшим воздействием на окружающую среду.

Установленные закономерности влияния различных окислителей и добавок, таких как многослойный графен и борид ниобия, на чувствительность к механическим, оптическим и электронно-пучковым воздействиям позволяют целенаправленно конструировать составы с заданными свойствами. В частности, предложенная рецептура на основе пористого кремния, перхлората натрия и многослойного графена обеспечивает минимальное время срабатывания, что является критически важным для повышения надежности и скорострельности стрелкового оружия. Кроме того, изученная возможность инициирования составов оптическим и электронно-пучковым воздействием открывает перспективы для создания воспламенительных устройств с дистанционным управлением и высокой точностью срабатывания, применимых в ракетно-космической технике и нефтегазовой промышленности. Полученные результаты, внедренные в АО «НПП «Краснознамёнец» и учебном процессе ФГБОУ ВО СПбГТИ(ТУ), способствуют развитию отечественной науки и промышленности в области разработки и производства современных боеприпасов и взрывчатых веществ.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав и заключения. Объем работы составляет 116 страниц, включая 40 рисунков, 10 таблиц и библиографию из 115 наименований.

Во введении изложена общая структура диссертации, описаны поставленные задачи и проблемы, решению которых посвящена работа. Обоснованы актуальность диссертационной работы и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В главе 1 выполнен подробный анализ ранее проведенных работ, на основании которого сделан вывод о перспективности разработки составов на основе пористого кремния, т.к. они обладают необходимыми свойствами для возбуждения быстрых экзотермических реакций.

Рассмотрены общие вопросы по чувствительности взрывчатых веществ, в частности теория «горячих точек». Подробно описаны виды инициирующих воздействий: механические (удар, трение, накол); тепловые; лазерное излучение; воздействие сильнооточного электронного пучка наносекундной длительности. Отмечено отсутствие в научной литературе обобщающих сведений о механизме возбуждения взрывчатых превращений при различных видах воздействия на взрывчатое вещество. В результате анализа литературного обзора сформулирована цель работы и выбрано направление исследования.

В главе 2 изложена применяемая в диссертации Побережной Ульяны Максимовны технология получения пористого кремния, а также воспламенительных составов на его

основе с различными окислителями. Для достижения заданной степени пористости с размерами пор 10 – 20 нм пластины монокристаллического кремния подвергались двухстороннему электрохимическому травлению с последующим измельчением и просеиванием порошка. В качестве окислителей были выбраны перхлораты натрия, кальция и бария и для сравнения с ними – нитрат кальция. Проведено опробирование фторсодержащего полимера СКФ-32, который является потенциально высокоэффективным окислительным соединением. Для улучшения требуемых свойств воспламенительных составов в них добавлялись графен и борид ниобия.

Приведено подробное описание приборов, устройств и экспериментальных установок, которые применялись в работе для определения чувствительности воспламенительных составов на основе пористого кремния. Автором работы рассмотрен широкий круг внешних воздействий, включающий наряду с механическим и тепловым, чувствительность к оптическому излучению и электронному пучку.

В главе 3 представлены результаты исследования воспламенительных составов на основе пористого кремния. Большинство полученных результатов представляют значительный интерес и могут иметь важное практическое приложение. Так, например, Побережной Ульяной Максимовной показано, что:

- чувствительность бинарных воспламенительных составов на основе пористого кремния к удару и трению принципиально не зависит от типа окислителя, и находится на уровне чувствительности классических иницирующих взрывчатых веществ, гремучей ртути и азида свинца;
- время срабатывания бинарных воспламенительных композиций при ударном и наковальном воздействии находится на уровне времени срабатывания ударного неоржавляющего модернизированного термостойкого состава УНМ-Т ТУ 13104.141-89;
- характерное время протекания взрывчатого процесса превращения образцов пористого кремния, пропитанного перхлоратом натрия, не зависит от соотношения горючего и окислителя;
- бинарные воспламенительные составы чувствительны к воздействию ультрафиолетового излучения, но не чувствительны к лазерному излучению ИК-спектра. Причем добавки многослойного графена повышают чувствительность к оптическому воздействию, тогда как при механическом инициировании графен выступает в роли флегматизатора.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

Диссертация Побережной Ульяны Максимовны хорошо структурирована, что значительно облегчает восприятие большого объема полученных результатов.

Автореферат достаточно полно отражает объем и содержание проделанной работы, кратко излагает полученные результаты, основные положения и выводы диссертации.

Вопросы и замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. В тексте диссертации не сказано, осуществлялся ли контроль однородности бинарных воспламенительных составов. В этой связи, не является ли разброс времени процесса в опытах со стержнями Гопкинсона следствием неоднородности пропитки пористых образцов кремния перхлоратом кальция.

2. В работе не обсуждается характер изменения осциллограмм, представляющих сигналы с фотодатчика и с пьезодатчика, и не уточняется метод определения времени срабатывания при ударе и наколе.

3. При определении давления, времени и скорости процесса взрывчатого превращения при нагреве не конкретизируется природа взрывчатого превращения. Не ясно, происходит формирование волн горения и/или детонации или реализуется тепловой взрыв.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку работы в целом.

Заключение

Диссертация Побережной Ульяны Максимовны является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных исследований представлено решение актуальной задачи разработки экологически чистых воспламенительных составов.

Тема и содержание диссертации Побережной У.М. соответствуют паспорту специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ. Диссертация соответствует требованиям, установленным пп. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автор диссертационной работы Побережная Ульяна Максимовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Официальный оппонент

Кандидат физико-математических наук (специальность 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества), заведующий лабораторией детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук

Уткин Александр Васильевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук

Адрес: 142432, Московская обл., г.о. Черноголовка, г. Черноголовка, пр. академика Семенова, д.1

Телефон:

Email:

Зав. лабораторией ФИЦ ПХФ и МХ РАН

к.ф.-м.н.

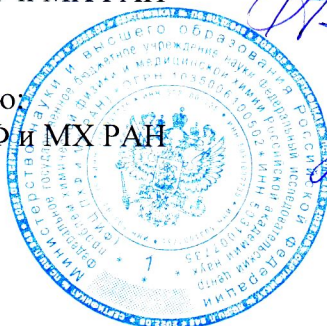


Уткин Александр Васильевич

Подпись Уткина А.В. заверяю

Ученый секретарь ФИЦ ПХФ и МХ РАН

д.х.н.



Психа Борис Львович

04.04.2025

С отзывом оппонента Уткина А.В. ознакомлена,
Побережная У.М.  10.04.2025