

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Косаревой Екатерины Константиновны «Морфологические, механические и электрические свойства микрочастиц энергетических материалов и их функциональные характеристики», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Диссертационная работа Екатерины Константиновны Косаревой посвящена исследованию связи между свойствами поверхности частиц энергетических материалов (ЭМ) и их функциональными характеристиками. Исследование поверхности микромасштабных объектов и эволюции их характеристик в ответ на механическое и тепловое воздействие выполнялось с помощью современных методов атомно-силовой микроскопии (АСМ). Результаты АСМ-исследования сравнивались с макромасштабными величинами, а именно: чувствительностью к удару и трению, сыпучестью и энтальпией сублимации, определенными стандартными методами. Следует отметить актуальность самой постановки задачи таких исследований, поскольку до настоящего времени внутренние механизмы, обеспечивающие существование и степень проявления специфических макромасштабных свойств ЭМ, в большинстве случаев неизвестны. В результате выполнения диссертационной работы получены новые данные об изменении свойств и структуры поверхности частиц ЭМ при локальном воздействии АСМ-зонда и нанесении на частицы полимерного покрытия. В частности, автору удалось найти взаимосвязь этих изменений и макромасштабной чувствительности соединений к механическим воздействиям — одной из ключевых характеристик, определяющих безопасность работы с ЭМ. Обеспечение безопасности производства, хранения и транспортировки энергетических соединений является актуальной народнохозяйственной задачей. Установленная в диссертационной работе связь между свойствами поверхности частиц и их механической чувствительностью способствует существенному продвижению научных представлений в этой области. Практическая значимость работы состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы при прогнозировании чувствительности впервые синтезированных ЭМ, а также их направленной модификации и безопасного исследования.

Диссертация Косаревой Е.К. состоит из введения, пяти глав, формулировки основных результатов и выводов, списка цитируемой литературы. Работа изложена на 94 страницах и содержит 18 рисунков, 14 таблиц и библиографию из 170 наименований.

В первой главе приведен обзор современного состояния литературы, посвященной изучению ЭМ методами АСМ. Отмечено, что зависимость макромасштабных функциональных свойств ЭМ от микромасштабных характеристик их частиц не изучена в достаточной степени, и информация о ней носит фрагментарный характер. Сделан вывод о необходимости проведения систематического детального исследования в этом направлении с применением современных методов АСМ.

Вторая глава посвящена способам подготовки образцов и экспериментальным методам исследования. Описаны методы АСМ, использованные для исследования структуры поверхности, измерения сил адгезии и поверхностного потенциала, механического воздействия на образец и для исследования поведения образца при нагревании. Изложены примененные в работе методы определения химического состава образца, его чувствительности к удару и трению, а также разработанный автором лабораторный метод измерения сыпучести.

В третьей главе приведены результаты исследования сублимации микрочастиц пентаэритрита тетранитрата (ТЭН). Описана исходная структура частиц на подложке, обнаружено увеличение объема частиц при нагревании и обсуждены его причины. Проанализировано влияние структуры образца и условий эксперимента на величину энтальпии сублимации, определяемую с помощью АСМ.

Четвертая глава посвящена исследованию отклика монокристаллов ЭМ на механическое воздействие на микро- и макромасштабах. Обнаружено и детально описано явление перекристаллизации, возникающее на определенных гранях монокристаллов 3,4-динитропиразола и 2,4,6-тринитрофенола вследствие механического воздействия АСМ-зондом. Сформулировано и экспериментально подтверждено предположение о связи между способностью граней кристаллов осуществлять перекристаллизацию и чувствительностью ЭМ к механическим воздействиям.

В пятой главе описаны результаты исследования частиц 1,3,5,7-тетранитро-1,3,5,7-тетраазациклооктана (октоген), покрытых полимерами в среде сверхкритического CO₂. Проанализировано влияние покрытия на свойства поверхности частиц, определена его микроструктура. Показано, что наличие полимерного покрытия препятствует накоплению электрического заряда на частицах октогена, что приводит к улучшению сыпучести покрытых порошков и к снижению их чувствительности к удару и трению.

Диссертационная работа Косаревой Е.К. выполнена на высоком научном уровне. Достоверность результатов измерений и обоснованность выводов обусловлены квалифицированным применением современной измерительной техники, комплексным использованием различных методов исследований и критическим анализом результатов.

Полученные в диссертации результаты обладают научной новизной и имеют перспективы практического применения.

Несмотря на общий высокий уровень работы, к ней имеется ряд замечаний:

1. В третьей главе автором приводится вывод о наличии кристаллизации при нагревании аморфных микрочастиц ТЭН. Был ли этот вывод подтвержден экспериментально?

2. В пятой главе сформулировано предположение об осаждении полимера в области потенциальных горячих точек при нанесении его на частицы октогена в среде сверхкритического CO₂. Имеется ли обоснование для такого предположения, и проводились ли эксперименты для его подтверждения?

3. Результаты измерений представлены в корректной форме с указанием погрешностей. Были бы уместны также оценки инструментальных погрешностей. На этом фоне выглядит избыточной в числовом выражении рекомендация (см. с. 51 диссертации) использовать в расчетах частицы «высотой более 280 ± 30 мкм».

4. В подписи к рис. 16б, вероятно, более правильно использовать обозначение ПМА вместо ПЛА.

5. В целом текст диссертации характеризуется высокой грамотностью, значительно превышающий уровень современных молодежных публикаций. Можно только рекомендовать на будущее не использовать заимствованные технические термины, например, «патерны», и устаревшие, например, «троекратный».

Сделанные замечания не снижают высокую положительную оценку диссертационной работы Косаревой Е.К. и могут служить ориентиром для направлений будущих исследований. В работе выполнен большой объем исследований, получены новые оригинальные экспериментальные результаты, прошедшие апробацию на международных и российских научных конференциях. Статьи по теме диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, и в достаточной мере отражают суть работы. Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации.

Диссертация Косаревой Е.К. соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 года. Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой установлена связь морфологических, механических и электрических свойств поверхности

