ОТЗЫВ

на диссертацию Ковалева Дмитрия Юрьевича «Рентгенография процессов формирования фаз переменного состава в условиях СВС», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.17 — «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества»

Диссертационная работа Д.Ю. Ковалева посвящена *in situ* исследованиям материалообразующих процессов горения гетерогенных сред методом динамической рентгенографии и включает в себя разработку методических основ диагностики фазовых и структурных превращений в системах «твердое тело - твердое тело» и «твердое тело – газ» при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе экзотермических порошковых смесей и в многослойных реакционных нанопленках. Сюда относятся исследования фазовых превращений при горении порошков IV группы на воздухе и при взаимодействии с водородом, в частности исследовано взаимодействие в системах Ti-H2, Zr-H2 и Hf-H2 в процессах гидрирования и дегидрирования металлов; исследования закономерностей твердофазных реакций при высокотемпературном синтезе тугоплавких соединений – карбидов, нитридов, боридов, силицидов и оксидов металлов, интерметаллидов и композиционных материалов на их основе. Особое внимание уделено синтезу и исследованию так называемых MAX фаз, представляющих собой тройные соединения с гексагональной плотной упаковкой: M-металл, A - элемент IIIA и IVA подгрупп периодической системы, X - углерод или азот, а именно синтезу и фазовому анализу Ti-Si-C, Ti-Al-C, Zr-Al-C, Ti-Al-B в условиях СВС. Кроме перечисленных систем исследованы структурные трансформации при горении в системах Me-C-B, Me-B, при тепловом воспламенении в системе Mg-2B, при горении в системе Ni-Al, а также изучено фазообразование при нагреве многослойных эпитаксиальных пленок Ti-Al. Целая глава диссертации посвящена исследованию горения жидких растворов и энергетических систем с образованием частиц металлов и оксидов. В частности исследовано горение энергетических систем карбонат металла - нитрат целлюлозы. В этом случае в качестве металлосодержащих соединений использовались прекурсоры металлов NiCO3, CoCO3, Fe(HCOO)3, энергетическими компонентами являлись [C6H7O2(OH)(3-x)(ONO2)x]n – (НЦ) или C3H6N6O6 (RDX), а органическим связующим служило соединение OCN-(CH2)6-NCO- (ГДМИ). Дополнительно было проведено исследование образования наночастиц переходных металлов при горении растворов, в частности изучено фазообразование в системе нитрат никеля - глицин (Ni(NO3)2*6H2O – CH2NH2COOH). Последняя глава диссертации посвящена исследованию аморфных сплавов Fe84B16 и TiCu при переходе в кристаллическое состояние.

Изучение *in situ* материалообразования в процессе горения такого большого набора различных по физическим и структурным характеристикам систем стало возможным благодаря разработке автором особого метода динамической рентгенографии. Для этой цели был задействован рентгеновский дифрактометр типа ДРОН, использующий обычные рентгеновские отпаянные трубки с нужной длиной монохроматического характеристического излучения, получаемого на основе реализации схемы Зеемана – Болина, и использовался высокоскоростной линейный детектор рентгеновского излучения. Для изучения высокотемпературных реакций было разработано нескольких типов реакционных камер, обеспечивающих изоляцию реагентов от внешней среды и позволяющих проводить исследования в различных средах и в вакууме. Результатом разработанного метода исследований являлись не отдельные линейные дифракционные спектры, а двухмерные поля в координатах угол – время. Интенсивность рефлексов отображалась цветовой гаммой. Кроме того, на такой двумерной рентгенорамме была возможность отображать изменение температуры реагентов и давления в камере во времени. Это позволило получить надежные структурные результаты кинетики фазообразования во всех перечисленных системах. Нет смысла перечислять выдающиеся результаты для какой–либо из исследованных систем материалов. Все они уникальны и хорошо отображены в разделе автореферата «научная новизна» и в выводах диссертации.

В целом, диссертация сделана на хорошем экспериментальном и теоретическом уровне и представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Результаты надежно апробированы. Они докладывались на многочисленных международных и национальных конференциях и опубликованы в 68 статьях в реферируемых журналах, сборниках и материалах конференций.

Работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Д.Ю. Ковалев, заслуживает присуждения искомой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.17 — «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества»

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории
структурных исследований ФГБУН
Институт физики твердого тела РАН (ИФТТ РАН)
shim@issp.ac.ru

Шмытько Иван Михайлович

Тел. 8-496-522-54-97
142432, Московская обл.,
г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, 2

Подпись И.М. Шмытько заверяю
Ученый секретарь ИФТТ РАН
кандидат физ.-мат. наук

Терещенко Алексей Николаевич