

Сведения о выполненных работах
в период с 01.07.2021 г. по 30.06.2022 г.

по проекту «**Исследование сверхтвёрдых материалов на основе AlMgB14**»,
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 19-79-10042

Руководитель: канд. физ.-мат. наук Жуков Илья Александрович

В рамках 3-го года выполнения проекта разработаны научные принципы получения порошковых материалов AlMgB14 из механоактивированной порошковой шихты Al12Mg17-B методом термически-сопряженного СВ-синтеза с использованием титано-кремниевой химической печи. Выявлены тенденции изменения структуры, гранулометрического и фазового составов в зависимости от технологических режимов изготовления порошков AlMgB14. Проведены теоретические исследования кристаллической структуры AlMgB14, полученных СВ-синтезом.

Разработаны научно-технологические подходы ионно-плазменного высокочастотного напыления покрытий с использованием мишеней из полученных материалов на основе AlMgB14. Установлено, что в процессе ионно-плазменного высокочастотного распыления порошковой смеси на основе AlMgB14 на поверхности подложки происходит формирование рентгеноаморфных и 2D-структур состава Al-Mg-B, кристаллических структур на основе икосаэдров бора B12 и кристаллической структуры AlB2. Среднее значение твердости покрытий AlMgB14 составило 17 ГПа, при максимальном зафиксированном значении 37 ГПа, при значении коэффициента трения ~0,12, с минимально зафиксированным значением 0,08. Установлены закономерности формирования физико-механических и трибологических свойств покрытий на основе AlMgB14 в зависимости от состава мишени для напыления и типа подложки. Обнаружено, что добавка TiB2 приводит к снижению скорости износа в 10 раз. Кроме того, установлено, что адгезионная прочность композитных покрытий AlMgB14-50 масс. % TiB2 в 1,6 раз выше адгезионной прочности покрытий на основе AlMgB14. Выявлено, что адгезионная прочность покрытий AlMgB14, нанесенных на подложки из стали марки 12X18H10T и твердого сплава ВК8, в 3 раза превышает адгезионную прочность покрытий, нанесенных на титановый и алюминиевый сплавы. Выявлено, что добавка TiB2 способствует повышению проводимости: удельное электрическое сопротивление композиционных покрытий системы AlMgB14-TiB2 составило 0,2 Ом·м, что в 10 раз ниже удельного сопротивления покрытий AlMgB14 без добавок.

Проведены исследования механических свойств алюминиевых сплавов марки 1550 с покрытиями AlMgB14 при растяжении. Установлено, что нанесение покрытия AlMgB14 приводит к незначительному повышению временного сопротивления разрушению сплавов 1550 при разрыве.

Изучены закономерности формирования фазового состава и механических свойств компактных материалов AlMgB14, полученных методом горячего прессования. Выявлено, что повышение температуры горячего прессования способствует повышению содержания целевой фазы AlMgB14 до 93 масс. %. Установлено, что наибольшее значение предела прочности при трехточечном изгибе для материалов на основе AlMgB14 составляет 320 МПа и достигается при давлении 35 МПа и температуре горячего прессования 1500 °С.

Таким образом, все запланированные исследования 3 года проекта выполнены. Результаты проведенных работ доложены (устное выступление) на конференциях различного уровня, таких как The 7th International Symposium on Energetic Materials and their Applications, 16-18 ноября 2021, виртуальный симпозиум, Токио, Япония; XVI Всероссийская школа-конференция для молодых ученых «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии», 14-17 марта 2022 г., Новосибирск; XI Всероссийская научная конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», посвящённая 60-летию Физико-технического факультета ТГУ (выступление отмечено дипломом за лучший доклад), 13-17 апреля 2022 г., Томск; Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2022», 11-22 апреля 2022 г., Москва.

Опубликовано 4 работы, 1 статья в журнале, входящем в базы данных Scopus, Web of Science и РИНЦ, в частности в журнале «Materials» – Q2. Подготовлена и направлена в редакцию статья (Nikitin P., Zhukov I., Matveev A., Sokolov S., Sachkov V., Vorozhtsov A. Phase Composition, Structure and Properties of the Spark Plasma Sintered Ceramics Obtained from Nanosized Al₁₂Mg₁₇-B Powder and Silicon) в журнал «Nanomaterials» (Q1, Impact Factor 5.076, WoS, Scopus). Получен охранный документ (ноу-хау) на «Способ получения сверхтвёрдого керамического материала на основе AlMgB14», приказ № 1131/ОД от 09.12.2021.

На основе проведенных исследований по проекту основным исполнителем Никитиным П.Ю. защищена диссертационная работа по теме: «Материалы на основе AlMgB14: получение, фазовый состав, структура и свойства» по специальности 05.16.09 – Материаловедение (химическая технология) на соискание ученой степени кандидата технических наук (научный руководитель – Жуков И.А.), дата защиты диссертации – 28.09.2021.