

Сведения о выполненных работах
в период с 22.07.2020 г. по 30.06.2021 г.

по проекту **«Разработка научных основ получения высокопрочных
металломатричных композиционных материалов с применением технологии
прямого лазерного выращивания»**,
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 20-79-10086

Руководитель: Промахов Владимир Васильевич, канд. техн. наук

1. Оработана методика высокотемпературного синтеза металломатричных композиционных материалов. Выбраны оптимальные составы шихтовых материалов. Изучены механизмы горения стехеометрических составов 63.5 масс. % NiB + 36.5 масс. % Ti и 54 масс.% CrN + 46 масс. % TiNi. Показано, что для исследуемых систем реализуется механизм спинового горения, определены кинетические особенности и температуры реакции синтеза. Получены опытные партии порошков металлокерамических композиционных материалов систем NiCr-TiN и NiTi-TiB₂.

2. Проведены исследования структурно-фазового состояния металломатричных композиционных материалов. Получены данные о морфологии частиц композиционных материалов на основе систем NiCr-TiN и NiTi-TiB₂ и порошков сплавов марки Inconel 625. Установлено бимодальное распределение керамических частиц в металлической матрице. Разработаны паспорта качества на используемые порошковые материалы.

3. Выполнен комплекс экспериментальных работ по получению образцов металломатричных композиционных материалов Inconel 625 + NiCr-TiN и Inconel 625 + NiTi-TiB₂ с применением технологии прямого лазерного выращивания при различных режимах. Определены оптимальные параметры (скорости, мощности, стратегии прямого лазерного выращивания) для получения бездефектных структур композиционных материалов. Дополнительно определены параметрические особенности получения жаропрочных композиций с применением технологии селективного лазерного сплавления. Исследованы особенности формирования материалов при селективном лазерном плавлении сплавов жаропрочных материалов, определены механические свойства полученных образцов. Исследовано влияние режимов термообработки на механические характеристики. Показано, что предел прочности образцов из жаропрочного никелевого сплава без термической обработки составляет ~ 950 МПа; образцов, подвергнутых термообработке, составляет ~ 1070 МПа. Сверх установленных в плане задач проведены экспериментальные работы по механической (фрезерной) обработке образцов металломатричных композиционных материалов, полученных с применением технологии прямого лазерного выращивания.

4. Проведена сравнительная оценка структурных параметров металломатричных композиционных материалов, полученных с применением классических подходов

(прессование с последующим спеканием) и с применением технологии прямого лазерного выращивания. Установлены закономерности формирования структурных параметров и фазового состава полученных металломатричных композиционных материалов. Показано, что при использовании аддитивной технологии прямого лазерного выращивания формируются структуры с меньшим количеством дефектов в виде пор, при этом наследуется композиционная структура материалов.

5. Проведены комплексные экспериментальные исследования механического поведения металломатричных композиционных материалов. Получены результаты исследований физико-механических свойств композиционных материалов, выявлены параметры напряженно-деформируемого состояния композиционных материалов. Показано, что предел прочности при сжатии для системы NiTi-TiB₂ составил 2100 МПа, в то же время для системы NiCr-TiN предел прочности при сжатии составил не более 1200 МПа. По-видимому, меньшие значения предела прочности при сжатии для системы NiCr-TiN связаны с большей дефектностью структуры, вызванной технологическими сложностями спекания данной системы. Следует отметить, что твердость по Виккерсу полученных спеканием металломатричных композиционных материалов составляла не менее 8 ГПа. При введении синтезированных систем NiCr-TiN и NiTi-TiB₂ (на уровне 5 масс. %) в матрицу на основе сплава типа Inconel 625 с применением технологии прямого лазерного выращивания наблюдалось повышение твердости полученных материалов на уровне 30 % от исходного сплава, при этом установлено снижение пластичности и предела текучести полученных материалов.

6. Проведены экспериментальные исследования образцов, полученных с применением аддитивной технологии прямого лазерного выращивания, методом динамических ударно-волновых испытаний. Получены новые фундаментальные результаты по ударно-волновому нагружению материалов, полученных с применением технологии прямого лазерного выращивания. Представлены результаты исследований скоростных зависимостей сопротивления деформированию и разрушению. Установлено, что значения откольной прочности для материалов, полученных с применением аддитивных технологий, значительно превышают значения откольной прочности для сплавов, полученных с помощью традиционной технологии.

7. Проведена разработка модели, отражающей особенности структурной организации на микро-, мезо- и макроуровнях металломатричных композиционных материалов. Сформированные структурные модели будут использованы на последующих этапах выполнения проекта для расчетов квазистатического и динамического нагружения представительных мезообъемов. При этом процентное содержание армирующих частиц размера может быть задано в любом доступном диапазоне (5-90%).