

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Ирины Сергеевны Логиновой на тему «Исследование формирования структуры в процессе лазерной обработки алюминиевых сплавов, предназначенных для аддитивных технологий», представленной на соискание ученой степени по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 21 мая 2019 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 11.02.2019, протокол № 06.

Диссертация выполнена на кафедре металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Солонин Алексей Николаевич, заведующий кафедрой металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 06 от 11.02.2019) в составе:

1. Деев Владислав Борисович, д.т.н., профессор, профессор кафедры литейных технологий и художественной обработки материалов НИТУ «МИСиС» - председатель комиссии;

2. Еремеева Жанна Владимировна, д.т.н., профессор, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ «МИСиС»;

3 Колобнев Николай Иванович, д.т.н., профессор;

4 Рохлин Лазарь Леонович, д.т.н., профессор, г.н.с. лаборатории металловедения цветных и легких металлов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук;

5 Шляпин Сергей Дмитриевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры МиТОМ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)».

В качестве ведущей организации утверждено ОАО «Всероссийский институт лёгких сплавов».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- на основе экспериментальных данных предложена схема формирования структуры в условиях многократного переплава малых объемов металла, согласно которой важнейшими факторами, оказывающими влияние на структурообразование, являются не только температура основного металла, окружающего ванну расплава, контролирующая скорость роста фаз от границы с подложкой, но и количество центров кристаллизации вдали от подложки;
- установлены особенности образования однородной дисперсной структуры сплавов системы Al-Mg-Zr-Sc при лазерной обработке, заключающиеся в

том, что в условиях умеренного переохлаждения ванны расплава при плотностях энергии 60-135 Дж/мм<sup>3</sup> происходит образование первичных кристаллов фазы Al<sub>3</sub>Zr, являющихся центрами кристаллизации, что приводит к уменьшению влияния направленного теплоотвода и подавлению столбчатой кристаллизации;

- установлена взаимосвязь между концентрациями модификаторов Ti и B и структурой и механическими свойствами сплавов систем Al-Mg и Al-Zn-Mg, формирующимися в условиях быстрой кристаллизации после лазерного плавления. Так, Ti и B полностью подавляют столбчатую кристаллизацию только при концентрации больше 2 %, что приводит к формированию мелкодисперсной однородной структуры, а также повышению твердости на 20 % (до 100 HV);
- предложены новые сплавы на основе системы Al-Fe-Ni для аддитивного производства, характеризующиеся высокой технологичностью при лазерной обработке, высоким уровнем механических свойств с термической стабильностью до температуры 250 °С.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- проведено моделирование процессов структурообразования в алюминиевых сплавах, предназначенных для изготовления деталей с использованием аддитивных технологий, методом лазерного плавления поверхности литых заготовок;
- использованы базовые методы исследования сплавов, в т.ч. численный метод расчета предела текучести с учетом среднего диаметра эвтектических включений и расстояния между их центрами; экспериментальные методики, включающие световую, сканирующую и просвечивающую микроскопию, рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ, дифференциальную сканирующую калориметрию, измерение температуры с применением АЦП, определение механических свойств на одноосное растяжение при комнатной температуре.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработана методика анализа структурообразования в многофазных сплавах в условиях быстрой кристаллизации, реализуемых в аддитивном производстве, позволяющая сделать заключение о возможности использования исследуемых сплавов для технологии селективного лазерного сплавления на основе результатов микроструктурного анализа, оценки свариваемости и механических свойств;
- с использованием предложенной методики описаны способы повышения технологичности сплавов с широким эффективным интервалом кристаллизации при лазерной обработке. Впервые предложено вводить лигатуру Al-5%Ti-1%B в количестве 1-3% в сплав Al-4,7%Mg-0,3%Mn-0,2%Sc-0,1%Zr при его использовании в аддитивном производстве. Показано, что в присутствии фаз Al<sub>3</sub>Ti, TiB<sub>2</sub> меняется характер

кристаллизации сплава, что приводит к равномерному распределению жидкой фазы в эффективном интервале кристаллизации и уменьшению горячеломкости при лазерной обработке;

- предложены составы новых сплавов на основе системы Al-Fe-Ni, перспективных для создания изделий, эксплуатируемых при температурах до 250 °С, методами аддитивного производства.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- использовано современное оборудование и методики исследований, позволившие получить воспроизводимые научные результаты; применен аппарат математической статистики для обработки полученных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в:

том, что основные результаты, представленные в работе, получены автором лично либо при его непосредственном участии. Автору принадлежит научная постановка задач исследования, моделирование процессов структурообразования в алюминиевых сплавах, организация и проведение экспериментальной части исследования, обработка, анализ, обобщение, научное обоснование полученных результатов; формулирование выводов; написание статей.

Соискатель представил 10 опубликованных работ в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, из них 4 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science/Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Логиновой И.С. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований разработана методика, которая позволяет быстро и малозатратно исследовать образование структуры в идентичных с аддитивными технологиями условиях и создавать новые сплавы на основе алюминия для использования в аддитивных технологиях; предложены новые алюминиевые сплавы для аддитивных технологий.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения И.С. Логиновой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против —, недействительных бюллетеней —.

Председатель Экспертной комиссии



Деев В. Б.