

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Хорошко Екатерины  
Сергеевны

«Особенности формирования структуры бронз систем Cu-Al, Cu-Si-Mn и Cu-Al-Si при электронно-лучевом аддитивном производстве», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.6.1 – Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov i spлавов  
(технические науки)

Хорошко Екатерина Сергеевна, 1990 года рождения, в 2014 г. окончила магистратуру Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники по направлению подготовки 222000 Инноватика. В 2017 г. поступила в аспирантуру ИФПМ СО РАН по направлению 22.06.01 Технологии материалов. Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2021 г. С 06 октября 2014 г. работала в лаборатории контроля качества материалов и конструкций ИФПМ СО РАН в должности инженера. С 30 декабря 2018 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории локальной металлургии в аддитивных технологиях ИФПМ СО РАН.

Диссертационная работа Хорошко Е.С. посвящена решению актуальной научной и практической задачи – выявлению закономерностей формирования макро- и микроструктуры медных сплавов систем Cu-Al, Cu-Si-Mn и Cu-Al-Si, изготовленных в условиях нестационарной металлургии методом электронно-лучевого аддитивного производства, и способов повышения эксплуатационных свойств таких материалов.

В диссертационной работе Хорошко Е.С. установлено, что тип структуры, формы и размеры зерна, формируемых методом проволочного электронно-лучевого аддитивного производства тонкостенных образцов, зависят от технологических режимов. Увеличение тепловложения влечет за собой рост размеров зерна и формирование прямолинейных столбчатых зерен.

При низких значениях тепловложения возможно формирование мелких зерен с формой близкой к равноосной.

Также в работе установлено, что применение механической и термической обработки является эффективным способом повышения механических и коррозионных свойств напечатанных образцов бронз и управления их структурным состоянием с целью уменьшения анизотропии, вызванной режимами печати и условиями теплоотвода.

Научная новизна работы заключается в установлении возможности управления структурным состоянием и механическими свойствами изготавливаемых образцов путем послойной ударно-механической обработки, в возможности управления структурно-фазовым составом тонкостенных образцов медных сплавов с помощью мультипроволочной технологии электронно-лучевого аддитивного производства, и в возможности изготовления градиентных гетерогенных композитов CuAl-B<sub>4</sub>C с применением комбинированной проволочно-порошковой технологии электронно-лучевого аддитивного производства.

Основные результаты диссертации опубликованы в 5 работах, из них 2 статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий из списка ВАК, 3 статьи в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, что демонстрирует высокий уровень проведенных исследований и полученных экспериментальных данных. Достоверность результатов исследований, полученных в работе, обеспечивается использованием современных методов экспериментальных исследований на сертифицированном оборудовании, их физической обоснованностью. Результаты работы не противоречат данным, приведенным в литературных источниках.

Работы выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России (Государственная бюджетная программа исследований академических институтов РАН, Проект III.23.2.7. «Микро- и макроструктурный дизайн 3D металлических материалов с иерархически организованной многоуровневой

структурой, формируемых методами нестационарной металлургии, с целью развития базовых принципов аддитивных технологий»), а также РФФИ (проект № 19-38-90130 «Закономерности структурообразования медных сплавов в условиях нестационарной локальной металлургии при электронно-лучевом аддитивном производстве»), ФЦП 14.610.21.0013 «Разработка и создание линейки промышленного роботизированного оборудования на основе мультиточковой электронно-лучевой технологии для высокопроизводительного аддитивного производства крупногабаритных металлических и полиметаллических деталей, узлов и конструкций для ключевых отраслей РФ».

Диссертационная работа Хорошко Е.С. «Особенности формирования структуры бронз систем Cu-Al, Cu-Si-Mn и Cu-Al-Si при электронно-лучевом аддитивном производстве» является законченным научным исследованием, выполненным соискателем самостоятельно. По содержанию и полноте изложения материала диссертация соответствует п. 2, 3, 4, 6, 9 Паспорта специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки) и всем требованиям п. II 9 Положения о присуждении ученых степеней.

Научный руководитель  
Директор ИФПМ СО РАН,  
доктор технических наук



Колубаев Евгений  
Александрович

Подпись Колубаева Е.А.  
ПОДТВЕРЖДАЮ  
Ученый секретарь ИФПМ СО РАН  
кандидат физико-математических наук

Матолыгина  
Наталья Юрьевна