

ОТЗЫВ официального оппонента

доктора технических наук, доцента, Трушникова Дмитрия Николаевича на диссертацию Брыкина Вениамина Андреевича «Влияние параметров аддитивной технологии на структуру и физико-механические свойства изделий из металлопорошковой композиции AlSi10Mg», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы (технические науки)

Диссертационная работа Брыкина В.А. посвящена актуальной проблеме совершенствования технологий аддитивного производства, в частности, селективной лазерной плавки (СЛП), которая остаётся одной из самых перспективных в контексте создания изделий сложной формы с высокой точностью. С ростом применения аддитивных технологий в машиностроении, авиации и других высокотехнологичных отраслях, исследование влияния технологических параметров на качество конечных изделий становится всё более значимым. Работа соискателя направлена на решение важной задачи — оптимизацию процесса СЛП для получения изделий с предсказуемыми физико-механическими свойствами и структурой.

Был исследован массив образцов, выращенных при варьируемых технологических параметрах (мощности лазерного излучения, скорости сканирования, высоты слоя порошка) процесса СЛП из металлопорошковой композиции AlSi10Mg.

Автором установлены закономерности влияния параметров тепловложения на структуру и физико-механические свойства изделий из AlSi10Mg. Показано, что увеличение высоты слоя с 30 до 90 мкм при синтезе изделий на отечественной установке Addsol D50 приводит к трёхкратному росту величины зерен α -Al в процессе кристаллизации, что определяет увеличение относительного удлинения при разрыве в 3,2 раза. Разработаны программные инструменты для автоматизации подбора технологических параметров – автоматизировано исследование формирования единичного трека порошкового материала и выращивания объёмных объектов. Это позволяет значительно сократить время на экспериментальные работы и повысить их эффективность. Установлено, что при фиксированном диаметре лазерного пятна уменьшение параметра скорости сканирования с одновременным увеличением параметра мощности лазерной экспозиции и толщины слоя с 30 до 90 мкм способно увеличить ширину приграничной зоны ванны расплава до 11 мкм, что нарушает мелко-ячеистую структуру сплава и снижает прочностные характеристики образцов и изделий (вплоть до 15% по сравнению с наиболее эффективными параметрами). Результаты обладают достаточной научной новизной и имеют существенное значение с точки зрения их практического применения, поскольку они могут быть применены для оптимизации процессов аддитивного производства на различных предприятиях.

Проведён анализ проблем технологического проектирования аддитивного производства из металлопорошковых композиций. Рассмотрены актуальные технологии производства изделий из сплавов – точное литьё, порошковая металлургия и селективная лазерная плавка. Показано, что основной причиной низких значений механических свойств СЛП-образцов является их высокая пористость, что может значительно нивелировать все преимущества по реализации сложной геометрии, которые предоставляет процесс селективной плавки металлопорошковых композиций. Показана важность тщательного подбора и оптимизации параметров процесса плавки в ходе опытных технологических работ и подготовке управляющей программы. На основе анализа литературных данных поставлена цель работы, сформулированы задачи исследования.

Корректно определены объекты и подобраны методы исследования, включая методы изготовления образцов и методики проведения экспериментов, а также характеристик использованных материалов и оборудования для аддитивного производства. Были подготовлены необходимые для решения исследовательской и оптимизационной задач

программы экспресс-анализа в среде разработки Microsoft Visual Studio. Изготовлены образцы в виде единичных треков и объемных кубиков.

Автором в полной мере проведены исследования по поиску эффективных параметров процесса СЛП, обеспечивающих требуемые физико-механические свойства. Из всего объема образцов и соответствующих параметров (P , V и t) выделен ряд наборов параметров технологического процесса СЛП, соответствующих образцам с пористостью не выше 3%. Соответствующие образцы изготовлены с различной толщиной слоя – 30 мкм и более. Таким образом, при реализации СЛП возможно использование параметров, обеспечивающих баланс между более высокой скоростью синтеза (за счёт увеличения высоты слоя) и удовлетворительными механическими характеристиками).

Автором разработаны инструменты экспресс-анализа экспериментов в опытных технологических работах, а также исследована их эффективность в сравнении с традиционными способами поиска подбора оптимальных параметров. Предложен инструмент автоматизации входного контроля порошкового материала методом экспресс-анализа снимков, полученных с помощью СЭМ. Используя методы бинаризации и маркировки изображений, становится возможным рассчитать размер частиц и агломератов порошкового материала, а также построить диаграммы распределения частиц по размерам.

Диссертации соискателя характерна логичность изложения. Работа структурирована в соответствии с поставленной целью и задачами исследования. Текст диссертации написан грамотным научным языком и сопровождается необходимыми иллюстрациями, наглядно демонстрирующими результаты исследований. В целом соискателем успешно решены поставленные перед ним задачи, в полной мере реализованы планы исследований, что очевидным образом отражает содержание автореферата и диссертационной работы.

Обоснованность научных положений и выводов работы не вызывает сомнений и подтверждается применением современных методов теоретического анализа, математического моделирования, а также экспериментальными исследованиями. Достоверность результатов подтверждается их высокой сходимостью с данными, полученными в ходе опытных работ, а также их внедрением в реальное производство.

Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении методик и программных инструментов, которые позволяют значительно сократить время на технологическую подготовку производства изделий методом СЛП. Разработанные решения могут применяться для оптимизации параметров процесса при работе с различными металлопорошковыми композициями, что подтверждается актами внедрения и апробацией на практике.

Замечания:

1. Слабо раскрыта применимость разработанных программных средств экспресс-анализа и автоматизации подбора параметров технологии для других металлопорошковых композиций. Это оставляет открытым вопрос о универсальности предложенных решений.

2. Кроме того, в диссертации недостаточно отражено влияние свойств порошка (в т.ч. гранулометрического состава металлопорошковой композиции) на качество слоя нанесённого порошка и процесс селективной лазерной плавки, что могло бы дать более полное представление о факторах, влияющих на качество конечных изделий.

3. Не уделено достаточного внимания обсуждению влияния параметров процесса СЛП на усталостную прочность материала и устойчивость к циклическим нагрузкам.

Сделанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертации.

Результаты работы опубликованы в 16 научных работах, из них 4 в изданиях, входящих в перечень ВАК и 2 в журналах, включенных в международные системы цитирования, доложены на 14 всероссийских и международных научных конференциях.

Заключение

Диссертация Брыкина В.А. «Влияние параметров аддитивной технологии на структуру и физико-механические свойства изделий из металлопорошковой композиции AlSi10Mg» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Брыкин Вениамин Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы (технические науки).

На обработку персональных данных согласен.

Официальный оппонент



Доктор технических наук, доцент

Трушников Дмитрий Николаевич

шифр научной специальности: 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)

ученое звание: доцент

должность: профессор кафедры сварочного производства, метрологии и технологии материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ)

адрес: 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29

Телефон: +7 (342) 2391283

E-mail: trushnikov@pstu.ru

Подпись д.т.н. Трушников Д.Н. удостоверяю.

Проректор по науке и инновациям ПНИПУ



А.И. Швейкин

Дата подписания отзыва 19.11.2024 г.