

Кроме того, учёные прогнозировали фазы ГЦК и ОЦК для высокоэнтропийных сплавов на основе элементного состава, достигнув максимальной точности 98 %.

Также для прогнозирования физического состояния высокоэнтропийных карбидов используют методы моделирования кристаллических решёток: метод специальных квазислучайных структур (SQS) и метод упорядоченных структурных составляющих (AFLOW).

Высокоэнтропийные сплавы демонстрируют выдающиеся механические свойства, включая высокую прочность и термостойкость, что делает их перспективными для применения в различных отраслях, таких как биомедицина и химическое машиностроение. Разработка современных методов производства и исследования в области фазообразования открывают новые горизонты для улучшения их характеристик. Успешное применение ВЭС может значительно повысить эффективность и надёжность технологий, использующих эти материалы.

Список использованных источников:

1. Рогачев А.С. Структура, стабильность и свойства высокоэнтропийных сплавов / А.С. Рогачев // Физика металлов и металловедение. – 2020. – Т. 121. – № 8. – С. 807–841.
2. Формирование улучшенных механических свойств высокоэнтропийного сплава Cantor / В.Е. Громов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. – 2021. – Т. 64. – № 8. – С. 599–605.
3. Высокоэнтропийные сплавы: структура, механические свойства, механизмы деформации и применение / Осинцев К.А. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. – 2021. – Т. 64. – № 4. – С. 249–258.
4. Иванников А.Ю. Новые достижения в области порошковой металлургии высокоэнтропийных сплавов для высокотемпературных приложений. Краткий обзор / А.Ю. Иванников, В.С. Юсупов // Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. – 2024. – Т. 67. – № 5. – С. 509–519.
5. Получение тугоплавких высокоэнтропийных сплавов методом детонационного спекания / Т.Т. Zhou [et al.] // Физика горения и взрыва. – 2024. – Т. 60. – № 5. – С. 134–143.
6. Пути модифицирования свойств и применения высокоэнтропийных канторовских сплавов: 10.25712/ASTU. 1811-1416.2024. 04.002 / В.Е. Громов [и др.] // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2024. – Т. 21. – № 4. – С. 422–427.
7. Оценка возможности формирования легкоплавких высокоэнтропийных сплавов / С.А. Лелюх [и др.] // Физика. Технологии. Инновации. Тезисы докладов (ФТИ-2024). – Екатеринбург, 2024. – С. 512–513.
8. Phys. Chem. Chem. Phys. – 2025. – 27. – Р. 717–729.

КОМПОЗИТНЫЙ ПОРОШОК Al-Si-Mg ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ: СВОЙСТВА, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

*А.А. Сапрыкин, к.т.н., доц., Т.С. Гусева^а, ассистент
Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: ^аtsh2@tpu.ru*

Аннотация: В данной статье рассматривается композитный порошок на основе алюминия, кремния и магния (AlSiMg), используемый в технологии селективного лазерного плавления (СЛП). Обсуждаются механические свойства, коррозионная стойкость и легкость данного материала, а также его преимущества в различных отраслях, включая аэрокосмическую, автомобильную, медицинскую и электронную. Особое внимание уделяется роли каждого компонента в смеси: алюминий обеспечивает легкость и коррозионную стойкость, кремний улучшает прочность и текучесть, а магний повышает прочностные характеристики и устойчивость к агрессивным средам. Описываются ключевые этапы производства композитного порошка, включая выбор компонентов, механическую обработку, просеивание и проверку качества, что обеспечивает однородность и высокие характеристики конечного продукта. А также подчеркивается потенциал AlSiMg для аддитивного производства и необходимость дальнейших исследований для оптимизации его свойств и применения.

Ключевые слова: Селективное лазерное плавление, алюминий, порошок, Al-Si-Mg, свойства порошка, механическая обработка.

Abstract: This article discusses an aluminum, silicon and magnesium (AlSiMg) based composite powder used in selective laser melting (SLM) technology. The mechanical properties, corrosion resistance, and lightness of this material are discussed, as well as its advantages in various industries including aerospace, automotive, medical, and electronics. Particular attention is paid to the role of each component in the blend: aluminum provides lightness and corrosion resistance, silicon improves strength and flowability, and magnesium enhances strength properties and resistance to corrosive environments. Key steps in the production of composite powder are described, including component selection,

machining, sieving and quality control to ensure uniformity and high performance of the final product. And the potential of AlSiMg for additive manufacturing and the need for further research to optimize its properties and applications are highlighted

Keyword: Selective laser melting, aluminum, powder, Al-Si-Mg, powder properties, machining.

Селективное лазерное плавление (СЛП) является одной из самых перспективных технологий аддитивного производства, позволяющей создавать сложные металлические изделия с высокой точностью и минимальными отходами [1]. Одним из ключевых компонентов, определяющих качество и характеристики конечного продукта, является порошковый материал. В последние годы композитные порошки на основе AlSiMg привлекают внимание исследователей и производителей благодаря своим уникальным свойствам и широкому спектру применения.

Порошки AlSiMg обладают высокой прочностью и жесткостью, что делает их идеальными для создания деталей, требующих высокой механической нагрузки. Добавление кремния и магния улучшает текучесть порошка, что способствует более равномерному распределению материала в процессе печати и повышает качество получаемых изделий [2].

Алюминиевые сплавы, в частности AlSiMg, известны своей высокой коррозионной стойкостью. Это свойство делает их подходящими для использования в условиях, где детали подвергаются воздействию агрессивных сред, таких как морская вода или химические вещества. Помимо этого, алюминий является одним из самых легких металлов, и использование композитного порошка AlSiMg позволяет создавать легкие конструкции без ущерба для прочности [3].

Каждый компонент играет важную роль для сплава AlSiMg, например алюминий является основным элементом в смеси композитного порошка и отвечает за следующие свойства:

- **Легкость:** Алюминий – один из самых легких металлов, что способствует снижению веса конечных изделий.
- **Пластичность:** Обеспечивает хорошую обрабатываемость и возможность формирования сложных геометрий.
- **Коррозионная стойкость:** Образует защитную оксидную пленку, что делает изделия из алюминия устойчивыми к коррозии.
- **Теплопроводность:** Высокая теплопроводность алюминия позволяет эффективно рассеивать тепло, что важно в некоторых применениях.

Кремний добавляется в сплав для улучшения его характеристик: повышает прочность сплава, особенно при высоких температурах; способствует улучшению текучести порошка, что важно для процесса аддитивного производства, позволяя порошку легче заполнять форму и обеспечивать равномерное распределение; а также помогает уменьшить усадку при охлаждении, что снижает риск образования трещин и деформаций в процессе печати. В составе композита Mg может улучшать общую энергоемкость материала и повышать его ударопрочность.

Процесс производства композитного порошка AlSiMg для СЛП включает несколько ключевых этапов, среди которых предварительная механическая обработка порошка играет важную роль.

На первом этапе выбираются высококачественные порошки алюминия, кремния и магния. Определяются оптимальные пропорции для достижения необходимых механических свойств и коррозионной стойкости. Следующим этапом является механическая обработка порошка: исходные порошки загружаются в механическую мельницу, где они подвергаются интенсивному смешиванию. Этот процесс позволяет достичь однородной смеси и предотвратить агломерацию частиц. Используются шаровые или вибрационные мельницы, которые обеспечивают равномерное распределение компонентов.

После смешивания порошок проходит процесс просеивания для удаления крупных частиц и агломератов. Это критически важно для получения порошка с однородным размером частиц, что влияет на качество печати. Для просеивания могут использоваться сита с различными размерами ячеек.

Полученный порошок может подвергаться дополнительной обработке, такой как сушка, для удаления остаточной влаги. Затем порошок упаковывается в герметичные контейнеры для предотвращения окисления и загрязнения.

Перед использованием порошка в процессе СЛП проводится его проверка на соответствие требованиям, включая анализ размеров частиц и текучести. Порошок загружается в камеру 3D-принтера, где будет использован для создания изделия. На этапе СЛП порошок равномерно распределяется по рабочей платформе, и лазерный луч плавит его в соответствии с заданной 3D-моделью. Процесс повторяется слой за слоем, что позволяет создать сложные геометрические формы с высокой точностью [4].

Сплавы из композитного порошка AlSiMg, полученные с использованием технологии СЛП, находят широкое применение в различных отраслях благодаря своим уникальным свойствам, например в аэрокосмической промышленности используются для производства легких и прочных компонентов, таких как: структурные элементы (крылья, фюзеляжи и другие элементы конструкции самолетов и космических аппаратов, где критически

важны соотношение прочности и веса), детали двигателей (компоненты, которые требуют высокой термостойкости и устойчивости к коррозии, такие как корпуса и элементы систем охлаждения); в автомобильной промышленности для создания кузовных элементов (легкие и прочные детали, такие как двери, капоты и крыши, которые помогают снизить общий вес автомобиля и, соответственно, расход топлива), компоненты подвески (детали, требующие высокой прочности и устойчивости к механическим нагрузкам, такие как рычаги и амортизаторы); в электронике используются для производства корпусов (легкие и теплопроводные корпуса для различных электронных устройств, таких как компьютеры, мобильные телефоны и бытовая техника), теплоотводов (элементы, которые обеспечивают эффективное рассеивание тепла, что критично для работы высокопроизводительных электронных компонентов); в медицинской технике находят применение в индивидуализированных имплантатах (протезы и имплантаты, которые требуют высокой точности и биосовместимости, могут быть изготовлены с использованием СЛП, что позволяет создавать сложные геометрические формы, идеально подходящие для конкретного пациента), оборудовании для хирургии (легкие и прочные инструменты и устройства, которые облегчают работу хирургов и повышают эффективность операций) и т. д.

Композитный порошок AlSiMg представляет собой перспективный материал для селективного лазерного плавления, обладая уникальными свойствами, которые делают его идеальным для различных промышленных применений. Роль каждого компонента в смеси – алюминия, кремния и магния – критически важна для достижения необходимых характеристик конечного продукта. Совершенствование технологий производства и дальнейшие исследования в этой области могут привести к новым возможностям и улучшению качества аддитивного производства.

Список использованных источников:

1. Ильичбекова А.А. Аддитивные технологии в машиностроении / А.А. Ильичбекова, А.И. Горбатенко // Физика и современные технологии в АПК. – 2020. – С. 209–212.
2. A tailored AlSiMg alloy for laser powder bed fusion / D. Knoop [et al.] // Metals. – 2020. – Т. 10. – № 4. – 514 с.
3. Mechanical properties of AlSiMg alloy specifically designed for selective laser melting / Y.Geng [et al.] // Acta Metall Sin. – 2020. – Т. 56. – № 6. – С. 821–830.
4. Аль-Сандыкачи М.Х. Селективное лазерное плавление / М.Х. Аль-Сандыкачи // Точная наука. – 2016. – № 2. – С. 3–7.
5. Титов Г.А. Материалы для аддитивных технологий в строительстве / Г.А. Титов // Инженерные исследования. – 2022. – № 3. – 8 с.
6. Голоднов А.И. Технологии и оборудование аддитивного производства : учебное пособие / А.И. Голоднов, С.Н. Злыгостев, И.Е. Фурман. – 2022.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭФФЕКТ ПРЕРЫВИСТОЙ ТЕКУЧЕСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

*С.А. Баранникова, д.ф.-м.н, проф., П.В. Исхакова^а, аспирант
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
634055, Томская обл., Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: ^аiskhakova@ispms.ru*

Аннотация: В работе исследованы механические свойства и эффект прерывистой текучести в температурных условиях от 220 до 300 К алюминий-магниевого сплава, изготовленного аддитивным способом. Замена традиционных конструкционных металлов легкими алюминиевыми сплавами становится решающим фактором в аддитивном производстве легких изделий для авиационной и морской техники. Показано влияние температуры испытаний на величину спадов напряжений течения при скачкообразной деформации алюминиевого сплава AMg5 с целью отработки технологических режимов.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, аддитивные технологии, прочность, прерывистая текучесть.

Abstract: The work is devoted to the study of mechanical properties and the effect of jerky flow in temperature conditions from 220 to 300 K during tension of aluminum-magnesium alloy manufactured by additive method. Replacement of traditional structural metals with light aluminum alloys is becoming a decisive factor in the additive production of lightweight products for aviation and marine equipment. The effect of test temperature on the magnitude of flow stress drops during jerky flow of aluminum alloy AMg5 is shown in order to develop technological modes.

Keywords: aluminum alloy, additive technologies, strength, jerky flow.

Введение

Алюминиевые сплавы широко применяют для нужд авиационной и морской техники в силу преимуществ их технологических, прочностных и коррозионных свойств. Относительное потребление алюминиевых