

Рис. 1. Регулярные насадки компании «Sulzer Chemtech»

Применения насадочных абсорберов с регулярными насадками для очистки технологических газов при производстве БПЛА позволяют создать энергоэффективные и компактные системы очистки. Внедрение таких аппаратов обеспечивает соблюдение экологических норм и снижение эксплуатационных затрат, что способствует развитию технологий в авиастроении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фарахов М.И., Лаптев А.Г., Башаров М.М. Модернизация массо-обменных аппаратов новыми насадками в химической технологии // Теоретические основы химической технологии. – 2015. – №3. – С. 247–252.
2. SULZER Structured packings [Электронный ресурс]. – URL: https://tisys.ru/services/catalog/meshalki-miksery-smesiteli/staticheskie-smesiteli-sulzer-/?sphrase_id=23957 (дата обращения 12.10.2022).

УДК 621.762:621.791.92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ БПЛА

А.Ф. ИЛЬЮЩЕНКО, А.И. ЛЕЦКО, Т.А. НИКОЛАЙЧУК,
О.О. КУЗНЕЧИК, Н.М. ПАРНИЦКИЙ

Государственное научное учреждение «Институт порошковой
металлургии имени академика О.В. Романа»
Минск, Беларусь

Аннотация. В работе рассмотрена возможность применения метода селективного лазерного сплавления (СЛС) и топологической

оптимизации деталей для производства беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Введение. Современные технологии аддитивного производства металлических изделий всё чаще используют для получения деталей сложных форм с высокой точностью и минимальными затратами материала. К одним из перспективных методов получения геометрически-сложных форм и изделий при использовании лазерного луча в работах [1-3] относят метод СЛС, схема которого представлена на рис. 1.

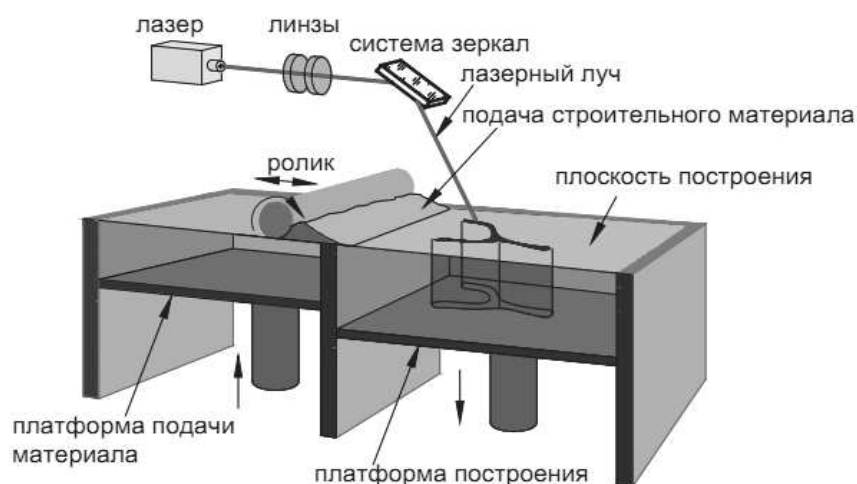


Рис. 1. Общеизвестная схема реализации метода СЛС [3]

Современные технологии аддитивного производства, основанные на использовании метода СЛС, содержат определенный цикл технологических операций для получения изделий, который представлен в виде некоторой обобщенной схемы на рис. 2.

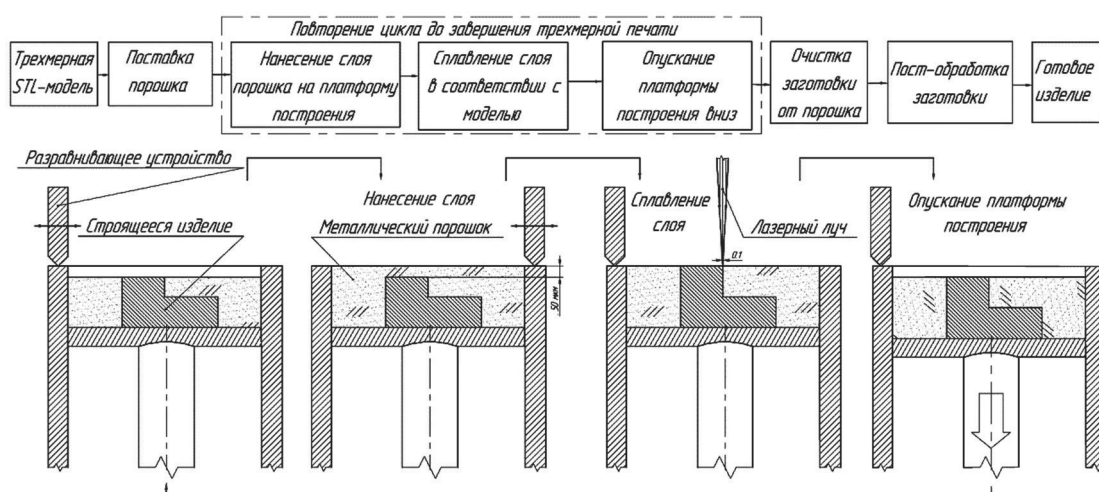


Рис. 2. Обобщенная технологическая схема реализуемого в технологической камере 3D-принтера процесса СЛС [2]

Получение изделия методом СЛС согласно представленной схемы (рис. 2) можно разделить на три основных этапа:

- на предварительные операции, проводимые при подготовке 3D-принтера к 3D-печати заранее подготовленной геометрии (STL-модель) и её конвертации в так называемый G-код, а также, вместе с этим, загрузки металлического порошка в бункер его подачи.

- на реализацию технологического цикла изготовления изделия по методу СЛС, содержащую циклические операции нанесения порошкового слоя в «рабочую зону» на 50-100 мкм и последующего его сплавления лазерным лучом. При этом формируемая ванна расплава, достигает температур до 1700 К, что может обеспечивать достаточное сплавление частиц размерами от 15 до 70-100 мкм.

- на последующую обработку полученных заготовок вместе с платформой 3D-печати с использованием дополнительного оснащения.

Перспективы изготовления деталей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) методом СЛС в первую очередь связаны с возможностью быстрого прототипирования геометрически-сложных форм (кронштейны, элементы корпусов, топливные коллекторы) и внесения корректировок без использования дополнительного технологического оснащения. Вместе с этим, зачастую при разработке БПЛА возникают задачи связанные с необходимостью облегчения их конструкций для повышения маневренности и скорости с необходимостью сохранения их прочностных и эргономичных характеристик. Решению такой задачи способствует проведение топологической оптимизации.

В качестве примера проведения топологической оптимизации предложена тестовая 3D-модель с тремя отверстиями. Для расчетов использовался программный комплекс ANSYS v19, позволяющий выполнить моделирование распределения напряжений и деформаций с учетом заданных граничных условий. На одно из отверстий прикладывалась постоянная нагрузка, остальные грани модели фиксировались в пространстве. В качестве материала принят титановый сплав BT6 из библиотеки ANSYS v19. В процессе численного моделирования осуществлялось поэтапное перераспределение материала внутри конструкции, что позволило выявить области с наименьшими напряжениями и исключить их из геометрии. Основные этапы расчёта представлены на рис. 3.

Применение расчётов топологической оптимизации позволяет рационально перераспределять материал внутри изделия без снижения прочности конструкции, а численные расчеты показывают распределение напряжений и деформаций в оптимизированных деталях. Проведение такой оптимизации на участке аддитивных технологий Института порошковой металлургии имени академика О.В. Романа с последующей

3D-печатью методом СЛС из порошка титанового сплава марки ВТ-6 способствовало изготовлению ряда малогабаритных деталей сложных форм (см. рис. 4) различного назначения.

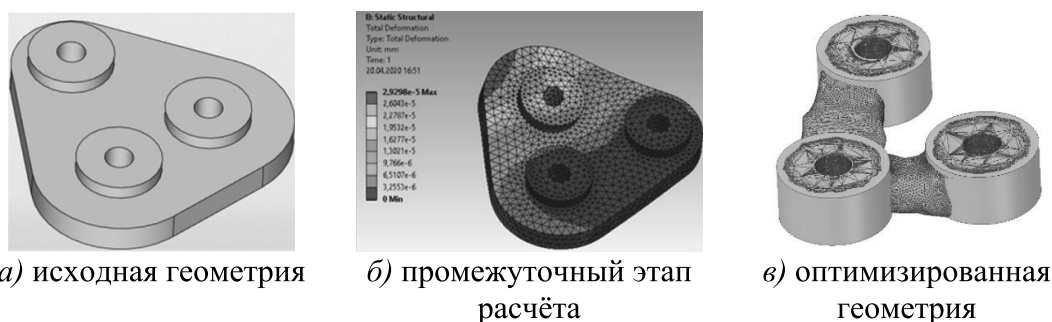


Рис. 3. Тестовая модель на различных этапах проведения топологической оптимизации

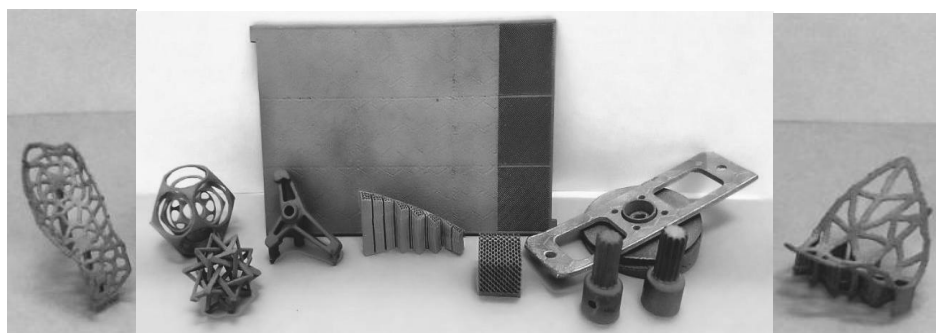


Рис. 4. Изготовленные методом СЛС из порошка титанового сплава марки ВТ6 малогабаритные детали сложных форм

Таким образом, совмещение метода СЛС и топологической оптимизации обеспечивает рациональное использование материала и способствует получению деталей различного назначения.

Вывод. Исходя из изложенного метод СЛС позволяет создавать изделия сложных форм, а также облегченных конструкций из металлического порошка, которые могут быть использованы в машиностроении в целом, а в частности и при конструировании БПЛА. Сочетание методов СЛС и топологической оптимизации изделий, в целом, может способствовать росту практического применения при 3D-печати деталей различных форм (кронштейны, элементы корпусов, топливные коллекторы) БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Additive manufacturing: current state, future potential, gaps and needs, and recommendations / Y. Huang [et al.] // J. Manuf. Sci. Eng. – 2015. – Vol. 137. – Art. ID 014001-1. – 137 p.

2. Gibson I. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing/ I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker. – New York: Springer, 2010. – 459 p.

3. Ильющенко А.Ф. Аддитивные технологии и порошковая металлургия – Минск: Медисонт, 2019. – 260 с.

4. Определение критериев качества получаемых при 3D-печати изделий методом селективного лазерного сплавления металлических порошков // Ильющенко А. Ф., Николайчук Т. А., Лецко А. И. / Инновационные технологии в материаловедении и машиностроении (ИТММ-2024): материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Пермь, 07–12 окт. 2024 г. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2024. – С. 78–82.

5. Проектирование технологической камеры для послойного селективного лазерного сплавления и термообработки, получаемых при 3D-печати изделий // Ильющенко А. Ф., Лецко А. И., Кордикова Е. И. [и др.] Перспективы развития аддитивных технологий в Республике Беларусь: сб. докладов междунар. науч.-практ. симпоз. – Минск: Беларуская навука, 2021. – С. 52–61.

6. Анализ конструкций, использующих лазерное излучение 3D-принтеров для 3D-печати металлическими порошками: перспективы развития, методы их термического упрочнения / А.Ф. Ильющенко, А.И. Лецко, Н.М. Парницкий [и др.] // Перспективы развития аддитивных технологий в Республике Беларусь: сб. докладов Междунар. науч.-практ. симпозиума. - Минск: Беларуская навука, 2021. - С. 62-83.

УДК 666.193

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВОВ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ БОРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ

**Ю.Г. ПАВЛЮКЕВИЧ, А.П. КРАВЧУК,
Ю.А. КЛИМОШ, Е.Е. ТРУСОВА**

**Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь**

Рост уровня требований к миниатюризации и маневренности БПЛА обуславливает расширение спроса на передовые конструкционные материалы, в частности композиты. Использование таких материалов