

УДК 621.454

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАМЕРЫ-ДЕМОНСТРАТОРА РДМТ МЕТОДОМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© Кудрявцев Н.А., Балабанов А.Л.

*Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация*

e-mail: kudryavcevlh@mail.ru

Научный руководитель: Назаров В.П., канд. техн. наук, профессор  
*Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация*

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель малой тяги, металлический порошок, аддитивные технологии, селективное лазерное сплавление.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления камеры демонстратора жидкостного ракетного двигателя малой тяги методом селективного лазерного сплавления.

Производственный цикл состоит из нанесения тонкого слоя порошка на рабочую поверхность, как правило металлический стол, способный передвигаться в вертикальном направлении. Процесс печати протекает в рабочей камере, заполняемой инертными газами (например, аргоном). Отсутствие кислорода позволяет избежать оксидации расходного материала, что делает возможной печать такими материалами, как титан.

На первом этапе реализации проекта, в соответствии с программой научно-исследовательских работ СибГУ совместно с индустриальным партнером ООО «Полихром», проведен комплекс экспериментальных работ по апробации и отработке режимов изготовления на 3D-принтере ASTRA 420 (рис. 1) камеры РДМТ из модельного порошкового материала Силумин РС-300 [1].

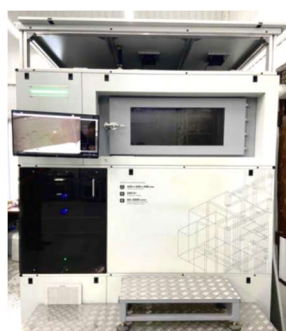


Рисунок 1 – 3D-принтер ASTRA 420. Внешний вид

Выбор данного материала объясняется его пластичностью, низкой температурой плавления и невысокой стоимостью. Изготовленные экземпляры камеры-демонстратора подвергались различным видам исследований и испытаний в лабораторных и производственных условиях.

В результате установлено, что технические характеристики принтера обеспечивают реализацию инновационных решений и динамической модуляции лазерного пятна с возможностью корректировки мощности лазера, что позволяет

достичь высоких скоростей построения деталей и, следовательно, приступить к печати камеры из жаростойкого аустенитного сплава Инконель 718 [2].

Печать камеры производилась при режимах, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы печати камеры из Инконель 718

| Режимы                    | P, Вт | V, мм/с | D, мкм | Шаг, мкм | Паттерн                          |
|---------------------------|-------|---------|--------|----------|----------------------------------|
| До критического сечения   | 300   | 300     | 190    | 150      | Двунаправленная оптимизированная |
| Зона критического сечения |       |         |        |          | Однонаправленный                 |
| Закритическое сечение     |       |         |        |          | Двунаправленная оптимизированная |



Рисунок 2 – Камера сгорания, изготовленная из Инконель 718

Печать смесительной головки производилась при режимах, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы печати смесительной головки из Инконель 718

| Режимы                | P, Вт | V, мм/с | D, мкм | Шаг, мкм | Паттерн                           |
|-----------------------|-------|---------|--------|----------|-----------------------------------|
| Внешний слой (1,5 мм) | 300   | 300     | 190    | 150      | Однонаправленная оптимизированная |
| Внутренний слой       | 400   | 700     | 235    | 200      | Клетками                          |

В ходе работы был составлен технологический процесс и требования к печати из материала печати из материала Инконель 718.



Рисунок 3 – Смесительная головка, изготовленная из Инконель 718

Для внедрения аддитивных методов производства в ракетном двигателестроении необходима обязательная сертификация на государственном уровне для подтверждения отраслевых стандартов. Это возможно только при проведении большого количества научно-исследовательских работ и экспериментов.

### **Библиографический список**

1. Казаков, Р.А. Разработка технологического процесса изготовления экспериментальной камеры ракетного двигателя методом селективного лазерного сплавления на 3D-принтере / Р.А. Казаков, А.А. Фоменко, В.В. Гордеев, П.А. Бривкальн, И.В. Дергач // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики: в 3 т. / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. – Красноярск, 2022. – С. 188–190.

2. Акбулатов, Э.Ш. Исследование характеристик ракетного двигателя малой тяги, изготовленного методом аддитивной SLM-технологии / Э.Ш. Акбулатов, В.П. Назаров, Е.В. Герасимов // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2023. – Т. 24, № 4. – С. 682–696. – DOI: 10.31772/2712-8970-2023-24-4-682-696. – EDN QTCXOU.