

*Опыт применения высокопрочных
алюминиевых сплавов для перспективных
изделий ракетной техники, изготавливаемых
с применением аддитивных технологий
в АО «Корпорация «МИТ»*

Докладчик: Геров Михаил Владимирович

Селективное лазерное сплавление (SLM)

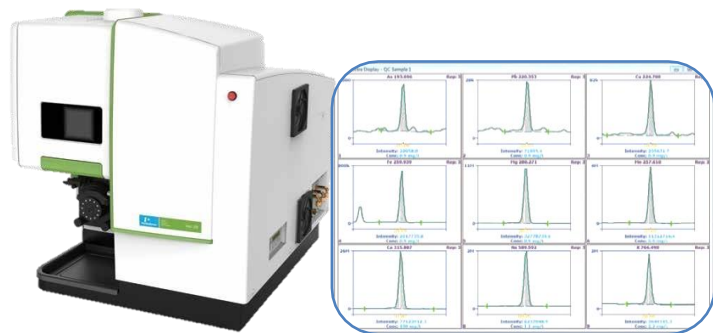


Селективное лазерное сплавление — это технология послойного аддитивного производства объемных металлических изделий из мелкодисперсного порошка по заранее созданной полигональной 3D-модели с использованием сверхмощных лазеров.

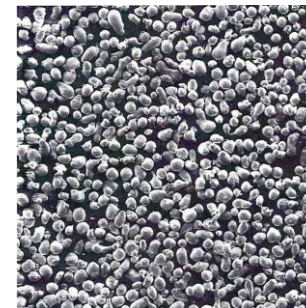
- возможность в кратчайшие сроки изготовить заготовки деталей сложной конфигурации высокотехнологичные
- снижение трудоемкости
- создание комплексных, интегрированных «монодеталей» (исключение сварных швов, резьбовых соединений и др.) за один технологический цикл
- снижение веса деталей за счет уменьшения толщины стенок, элементов, создания сотовых и иных структур (бионический дизайн, топологическая оптимизация)
- исключение временных и материальных затрат на подготовку производства
- повышение коэффициента использования материала за счет формирования изделия путем добавления материала

Исходные материалы

Ключевыми характеристиками порошков для аддитивных технологий являются



Химический состав



Сферичность частиц



Гранулометрический состав

Объем меньше	94.41 %
(90) μm	
Объем меньше	87.96 %
(80) μm	
Объем меньше	77.47 %
(70) μm	
Объем меньше	20.00 %
(40) μm	
Объем меньше	4.50 %
(30) μm	
Объем меньше	0.04 %
(20) μm	

Снижение себестоимости и времени процесса изготовления крупногабаритных изделий за счет использования порошка 40-100 мкм (слой 60 мкм).

Селективное лазерное сплавление (SLM)

Оборудование в АО «Корпорация «МИТ»

Промышленный комплекс Concept Laser Xline 2000R

полезный габарит рабочей зоны: 800x400x500 мм

- серийное производство деталей по отработанным режимам и технологиям;
- изготовление крупногабаритных деталей.



Лабораторная установка Concept Laser M2 cusing

полезный габарит рабочей зоны: 245x245x280 мм

- выбор оптимальных режимов процесса SLM;
- разработка технологий изготовления деталей;
- производство деталей средних размеров.



Селективное лазерное сплавление (SLM)

технология сплавления алюминиевого сплава системы Al-Mg-Sc

Научно-технический задел:

- ✓ Разработаны технологические режимы сплавления металлического алюминиевого порошка марки PC-553 (AlMgSc0,3) производства ОК «Русал»
- ✓ Выполнена общая квалификация синтезированного материала PC-553 с выпуском технических условий ТУ 24.42-21-857-56897835-2019 (АО «Композит»)

Т а б л и ц а 1 – Механические характеристики синтезированных материалов.

Наименование характеристики	Мех. свойства при температуре 20°C	
	Направление синтеза	
	XY (180°)	XZ (90°)
1	2	3
PC-553 (AlMgSc0,3) ТУ 24.42-21-857-56897835-2019		
Предел прочности σ_b , МПа не менее	433	415
Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа не менее	421	408
Относительное удлинение δ , % не менее	8	5

Емкости

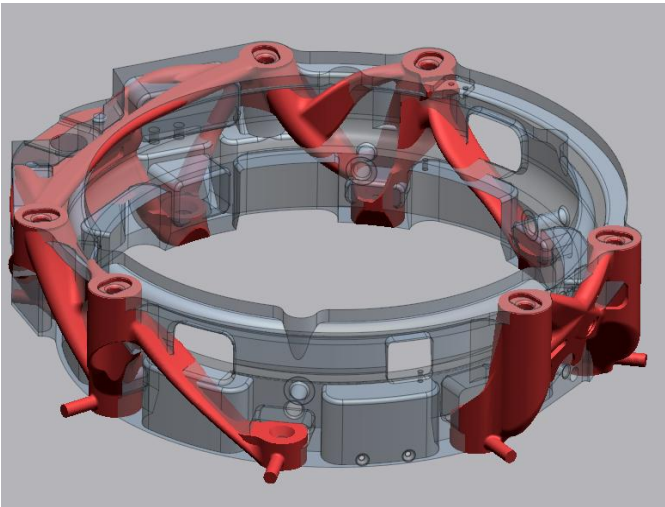


- Повышена конструкционная прочность
- Исключены операции штамповки, сварки.
- Снижено время изготовления

- Подтверждена герметичность изделия.
- Проведены испытания пневматическим и гидравлическим давлением.

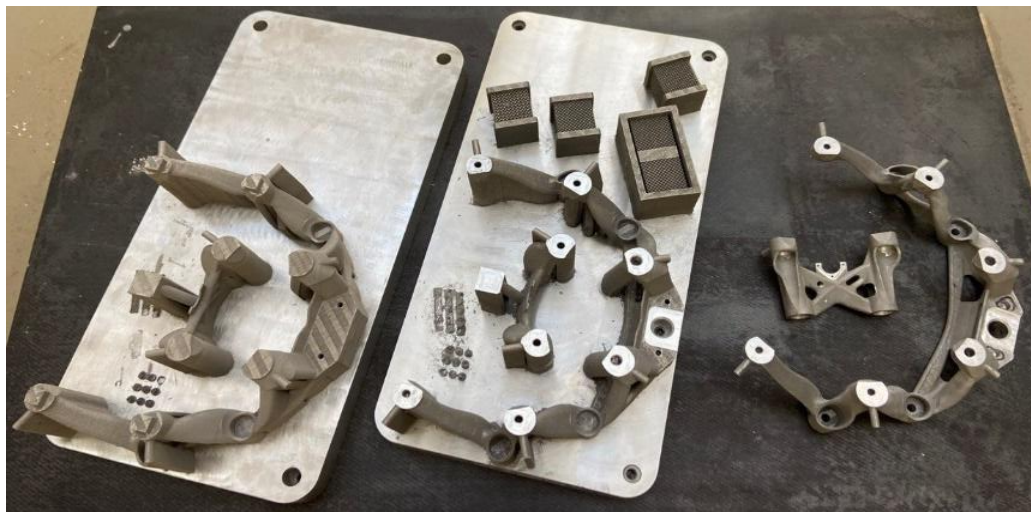


Силовые элементы



- Масса снижена в 2 раза.
- Время изготовления снижено
- Исключено приобретение деформированного полуфабриката.

- 3 комплекта: макетный, СтИ и ВИ.
- По результатам ВИ, подтверждена работоспособность при эксплуатационных знакопеременных нагрузках.
- Разрушающая нагрузка на СтИ составила 220% от штатного аналога.



Контроль качества

Применение горячего изостатического прессования (ГИП) позволяет убирать структурные дефекты, «залечивает» остаточную газовую пористость, повышает механические свойства синтезированного материала.

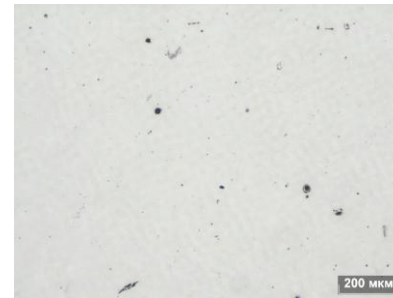


Механические свойства

Вид/шифр образец	Угол наклона	σ_B , КГС /мм ²	$\sigma_{0,2}$, КГС /мм ²	δ , %
РС-553	180°	49,0 ± 0,7	46,3 ± 0,5	17,7 ± 1,8
СЛС+ТО	90°	48,2 ± 1,0	45,6 ± 0,2	11,5 ± 4,2
РС-553	180°	49,4 ± 0,1	46,8 ± 0,1	18,3 ± 1,3
СЛС+ГИП	90°	49,9 ± 0,5	47,0 ± 0,9	16,8 ± 0,8



1. Материал непосредственно после синтеза имеет микропоры равномерно распределенные по объему
2. Газовая пористость материала после ГИП снижается на порядок



1.



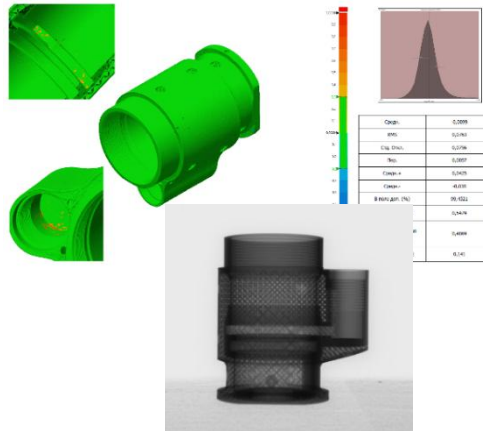
2.

Металлографические исследования

Контроль качества



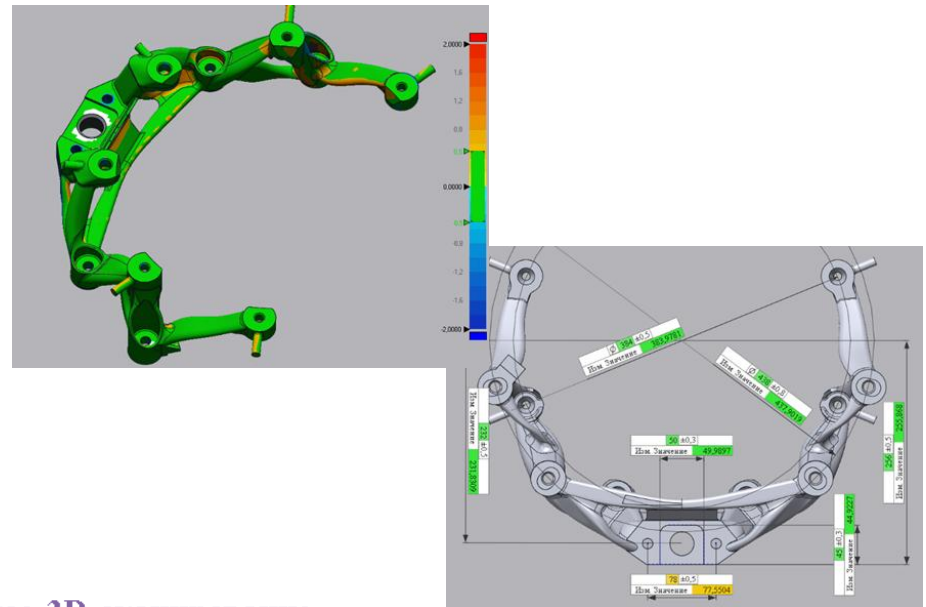
Рентгеновская
компьютерная томография



Технология РКТ, позволяет исследовать изделия на отсутствия несплошностей и остатков порошка, а также получать 3D-модели изделий для оценки отклонений фактических размеров от номинальной 3D-модели.

Контроль основных геометрических размеров, а также отклонений от номинала наружных сложнопрофильных аэродинамических поверхностей изделий, выполняется при помощи 3D-сканера

объемная точность которого $0,02 + 0,035$ мм/м



Лазерное 3D-сканирование