

Комплексные инженеринговые решения ИЛМиТ в аддитивных технологиях

Мария Гроль
Руководитель проекта
Департамента аддитивных технологий ИЛМиТ



ИЛМиТ – R&D-центр РУСАЛ

В 2017 году на базе РУСАЛ совместно с МИСиС был организован Институт Легких Материалов и Технологий

Наши цели

- Разработка продуктов с повышенной добавленной стоимостью: сплавы, композиты, порошки, керамика
- Научное и техническое сопровождение продукции и внедрение разработок
- Межотраслевой кластер Interindustrial cluster of producers, consumers and processors of aluminium



Ленинский проспект 6, стр. 21,
119049, Москва, Россия

Направления исследований

Департамент аддитивных технологий

- Разработка новых сплавов для АТ
- 3D-моделирование, численное моделирование
- 3D-печать деталей
- Производство порошков и паст

Департамент литейных сплавов

- Разработка сплавов для различных целей
- Разработка технологий литья
- Прямое холодное литье

Департамент деформируемых сплавов

- Сплавы и композиционные материалы
- Экструзия, протяжка, прокатка, ковка, штамповка

Департамент химических технологий

- Неметаллические продукты, керамика
- Легирующие, армирующие материалы, фториды

**Потенциал Института позволяет решать любые стратегические задачи в области
алюминиевых сплавов**

Новые алюминиевые сплавы для аддитивных технологий



Волгоград



Шелехов

Производственные мощности РУСАЛ позволяют производить несколько тысяч тонн сферических порошков в год. В частности, порошки с d_{50} в диапазоне от 1 до 100 microns.

Среднепрочные сплавы

Alloy	AlSi10Mg	RS-320	RS-356
σ_B , МПа	320	405	300
$\sigma_{0,2}$, МПа	215	260	195
δ , %	7,0	6,0	12



Высокопрочные сплавы

Alloy	Airbus Scalmalloy	RS-553	RS-507
σ_B , МПа	490	475	430
$\sigma_{0,2}$, МПа	450	435	340
δ , %	8	10	15
% Sc	0,7	0,3	-

Жаропрочные сплавы

Alloy	AlSi10Mg	RS-390	RS-230	RS-970
σ_B^{20} , МПа	350	360	490	260
$\sigma_{0,2}^{20}$, МПа	215	265	430	270
T раб °C	175	250	250	350
$\sigma_B^{раб}$, МПа	140	170	170	200

Ключевые партнеры



РОСКОСМОС

Центр АТ ИЛМиТ

Основное оборудование центра АТ



Атомайзер BluePower
AU12000

30 кг по алюминию



3D сканнер Kreon
Ace Skyline

Точность 15 μ m



Принтер EOS M290



3DEXPERIENCE®

ПО 3DExperience

- Моделирование процесса печати изделия
- Топологическая оптимизация (под традиционные технологии производства и 3D-печать)
- Перепроектирование детали под АТ
- Прочностные расчеты
- Реверс-инжиниринг

Испытательный центр ИЛМиТ

Участок литья и термической обработки

Участок механической обработки

Лаборатория исследования физических свойств

определение теплоемкости, теплопроводности, КТР

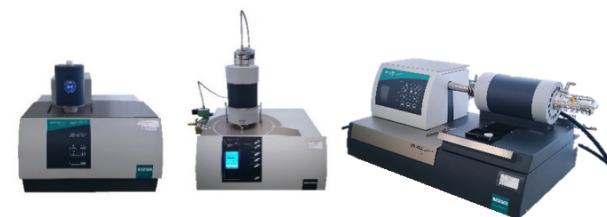
Лаборатория исследования механических свойств материала

Определение статической прочности при комнатной температуре и с нагревом, испытания на МЦУ, МнЦУ

Лаборатория коррозионных исследований

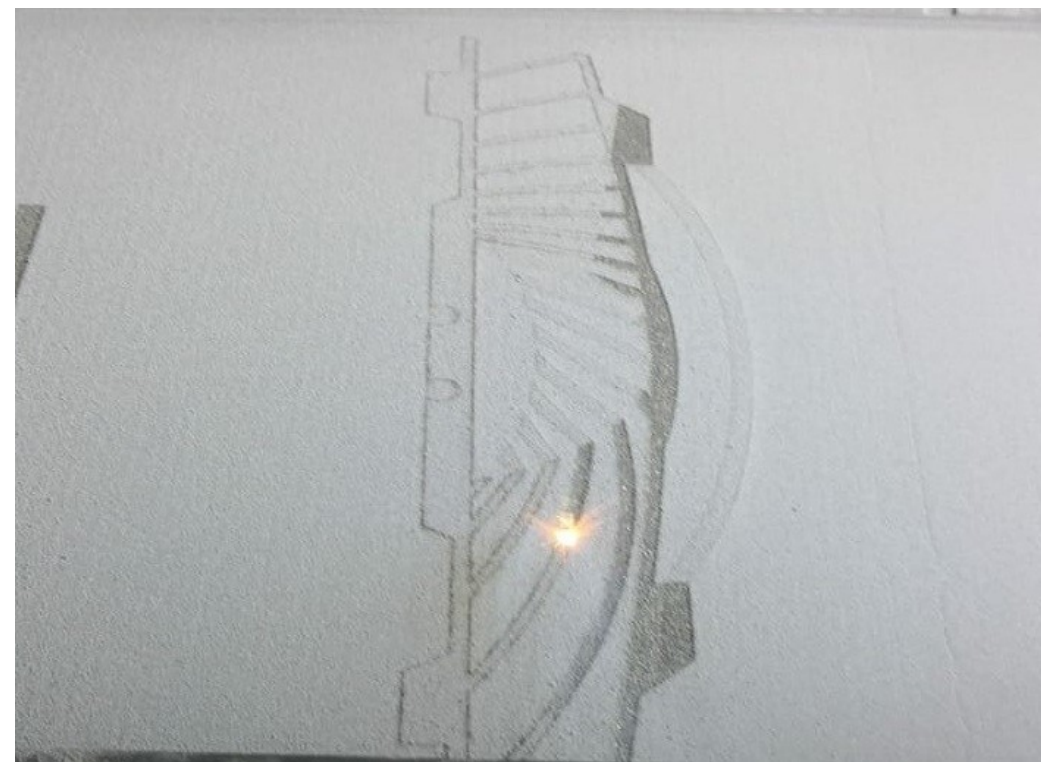
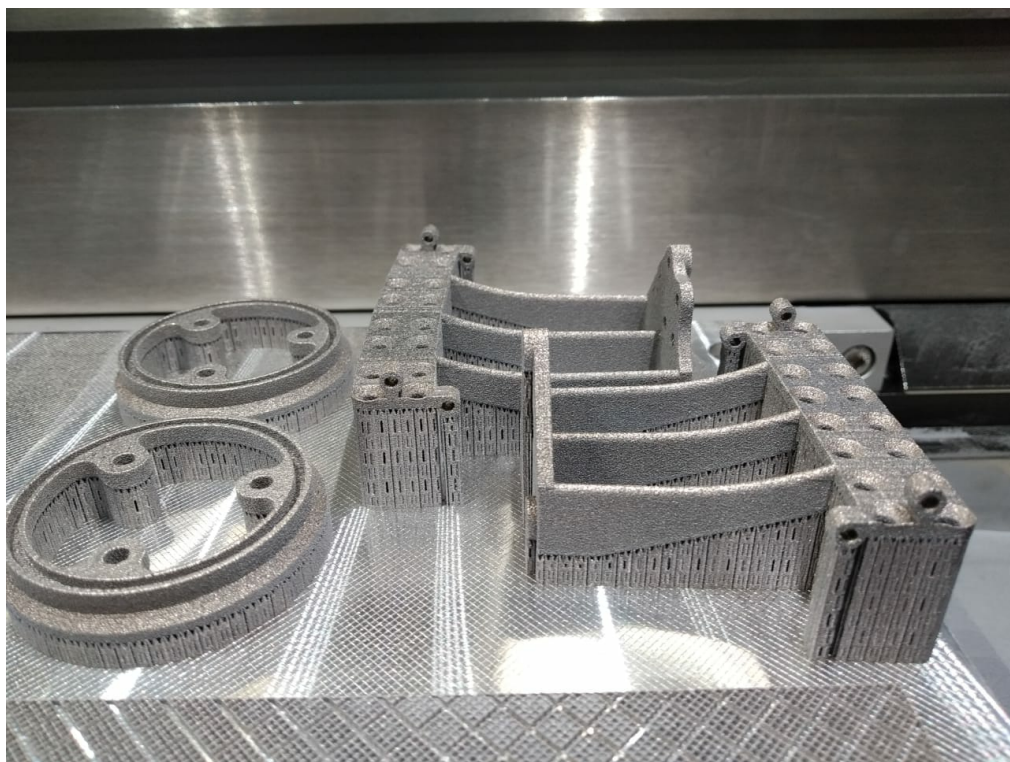
Общая коррозия, климатическая коррозия, фреттинг-коррозия

Лаборатория металлографического и химического анализа



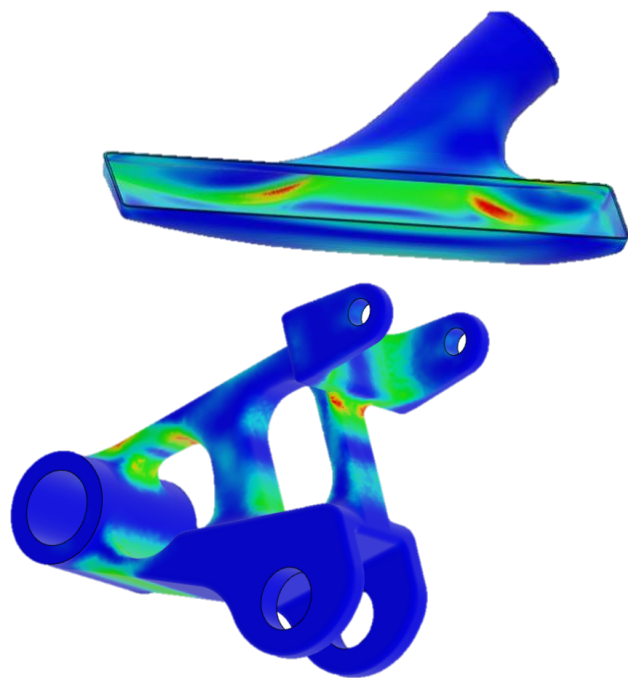
3D-печать

3D-печать позволяет создавать детали сложной формы, которые сложно или невозможно произвести традиционными методами

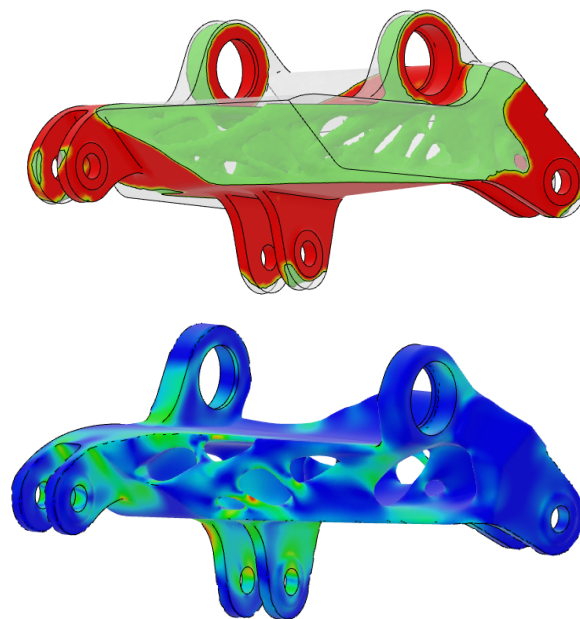


Инжиниринг в ИЛМиТ

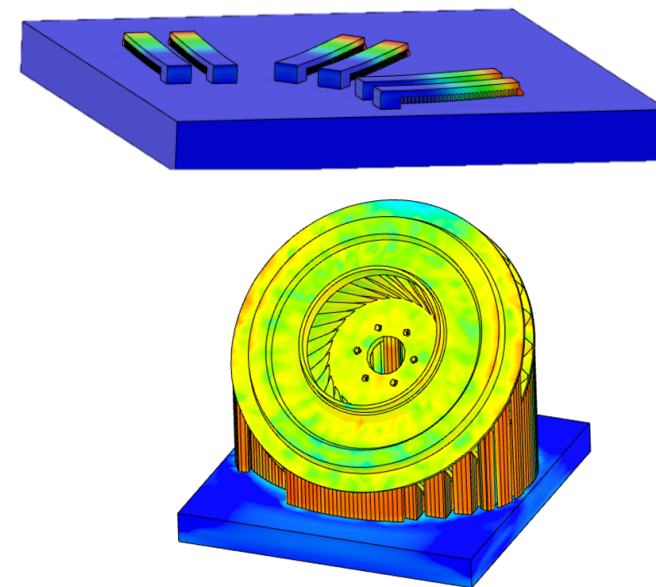
Предварительные и
поверочные расчеты



Топологическая оптимизация



Моделирование процесса
печати



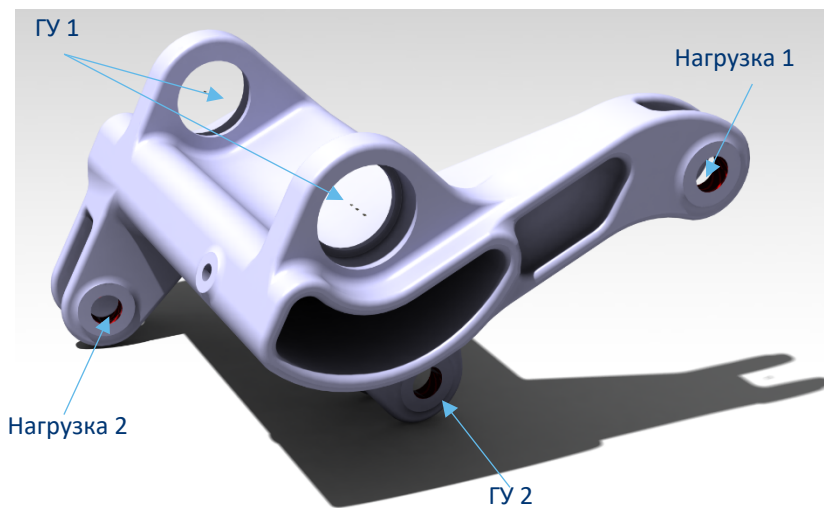
Топологическая оптимизация



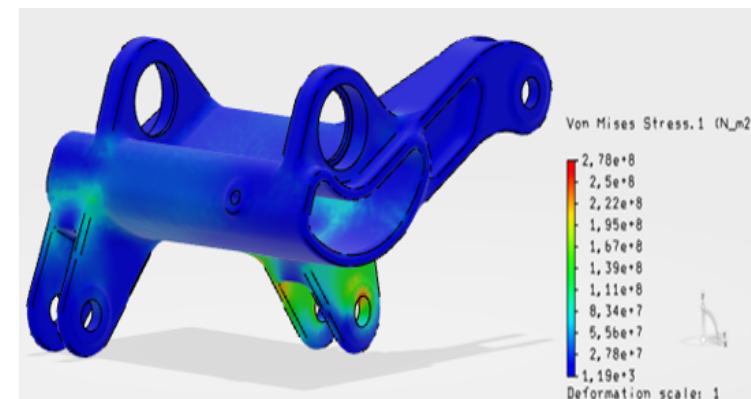
Топологическая оптимизация детали в ИЛМиТ



Исходная деталь
Масса 0.641 кг

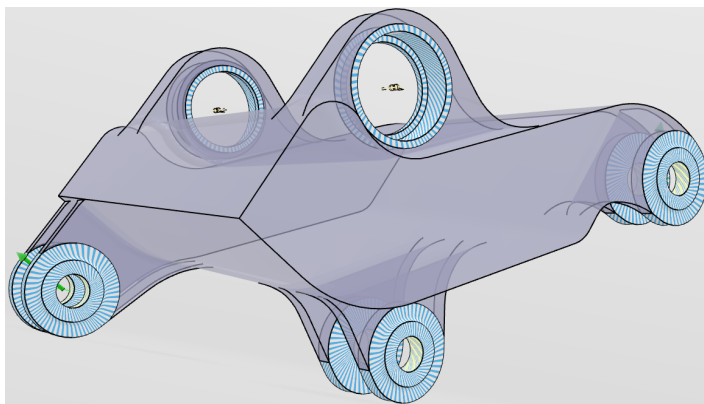


Нагрузки и граничные условия

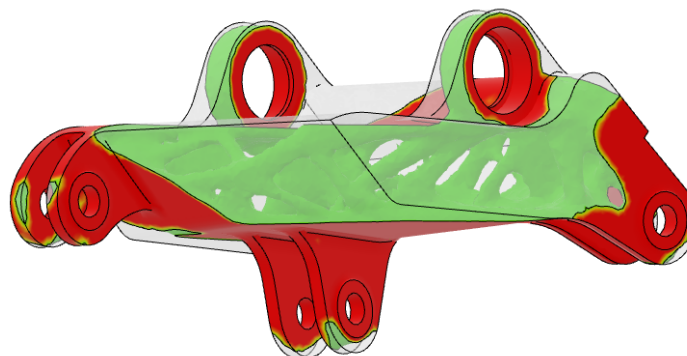


НДС исходной детали на наихудшем из рабочих режимов

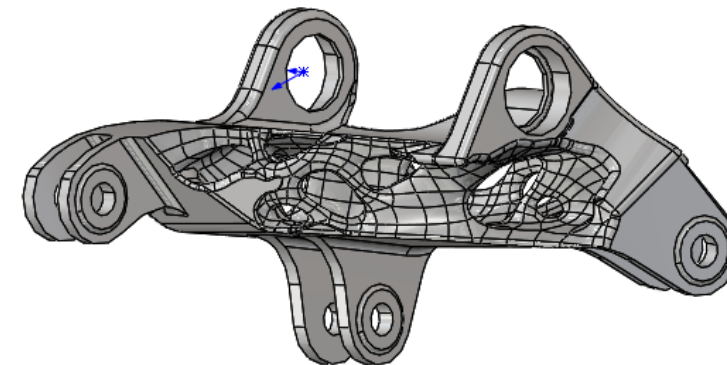
Топологическая оптимизация детали в ИЛМиТ



Модель для оптимизации

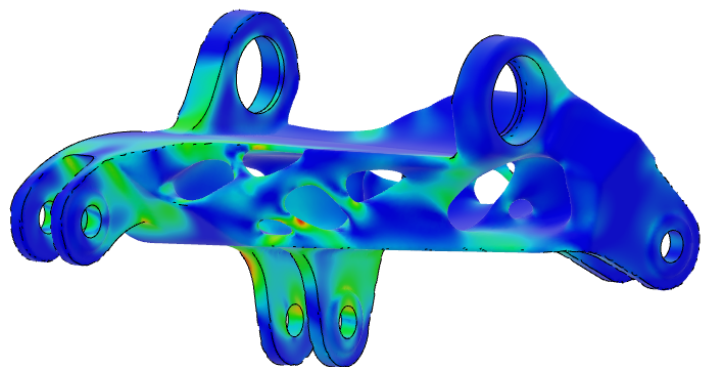


Распределение условных плотностей в проектной области на последней итерации

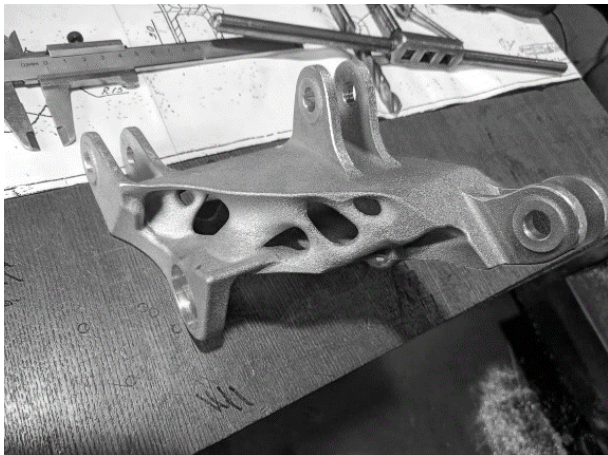


Автоматически сгенерированная модель

Топологическая оптимизация деталей в ИЛМиТ



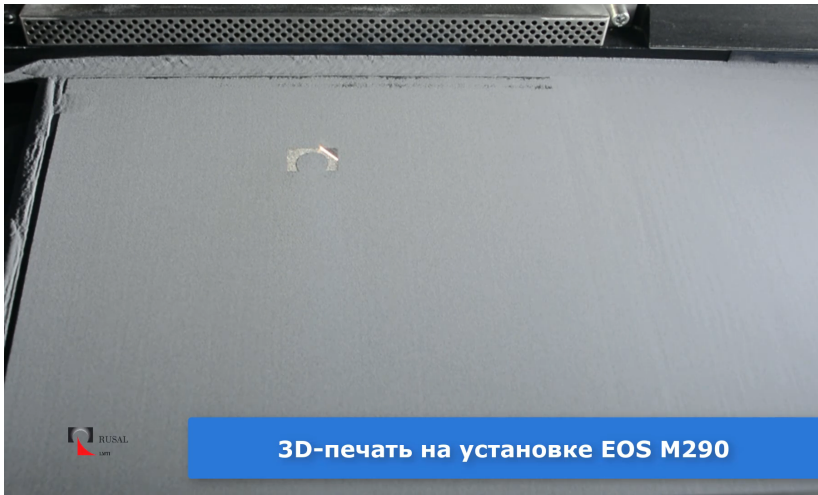
НДС оптимизированной детали



Деталь перед установкой на стенд

Параметры оптимизации		
	До	После
Масса, кг	0,641	0,544*
Сплав	AK7	RS-320
Плотность, г/см ³	2,7	2,7
Технология производства	Литье	3D-печать

*Минимальный коэффициент запаса при наихудшем случае нагружения составляет 1,68. Выигрыш в массе 15%



Современные подходы к проектированию и высокотехнологичные сплавы, разработанные в ИЛМиТ, позволяют создавать детали, отвечающие современным требованиям прочности, надежности и эффективности

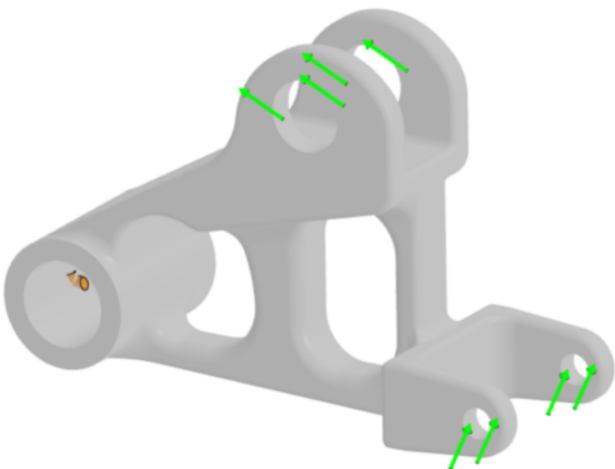
Топологическая оптимизация деталей в ИЛМиТ

Деталь для оптимизации: кронштейн авиационной техники

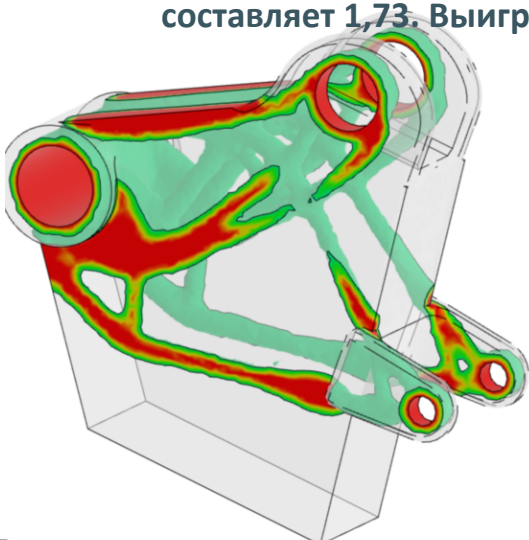
Цель оптимизации: снижение массы при условии минимизации податливости

Параметры оптимизации		
	До	После
Масса, кг	3,15	1,58
Сплав	AK9	RS-300
Плотность, г/см ³	2,7	2,7
Технология производства	Литье	3D-печать

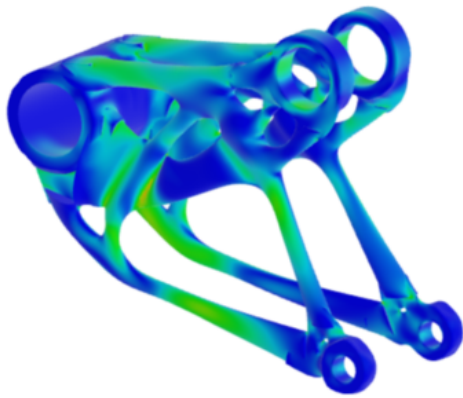
*Минимальный коэффициент запаса при наихудшем случае нагружения составляет 1,73. Выигрыш в массе 51%



Исходная деталь с нагрузками и ГУ



Распределение условных плотностей

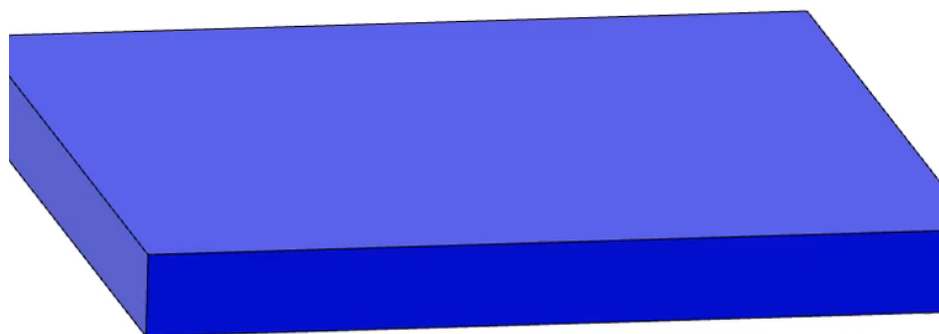


НДС оптимизированной детали

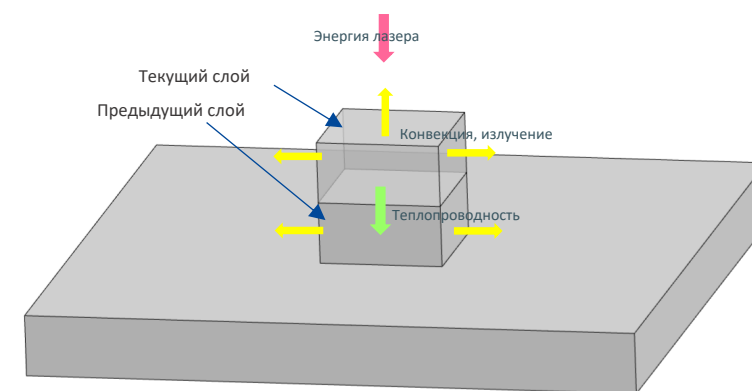
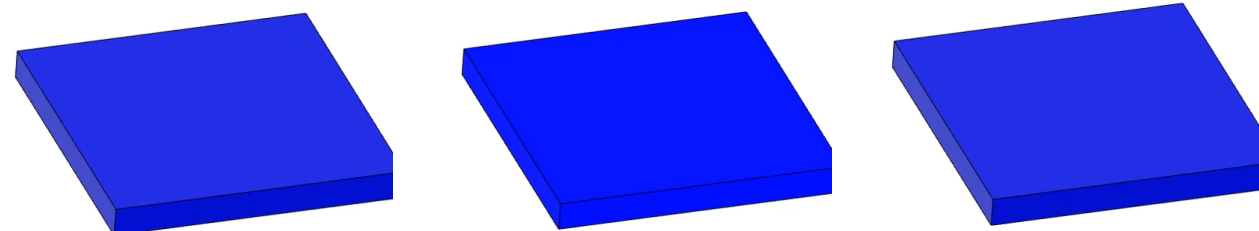
Современные подходы к проектированию и высокотехнологичные сплавы, разработанные в ИЛМиТ, позволяют создавать изделия, отвечающие современным требованиям прочности, надежности и эффективности

Моделирование процесса печати

Метод 1: Метод собственных деформаций



Метод 2: Термомеханический метод



Моделирование процесса печати в ИЛМиТ

Деталь «Крыльчатка вентилятора»



Стандартная технология

АМг6

Материал

3 мес.

Цикл изготовления

60 шт.

Количество сварных соединений

9 кг

Расход материала на 1 деталь

3D печать

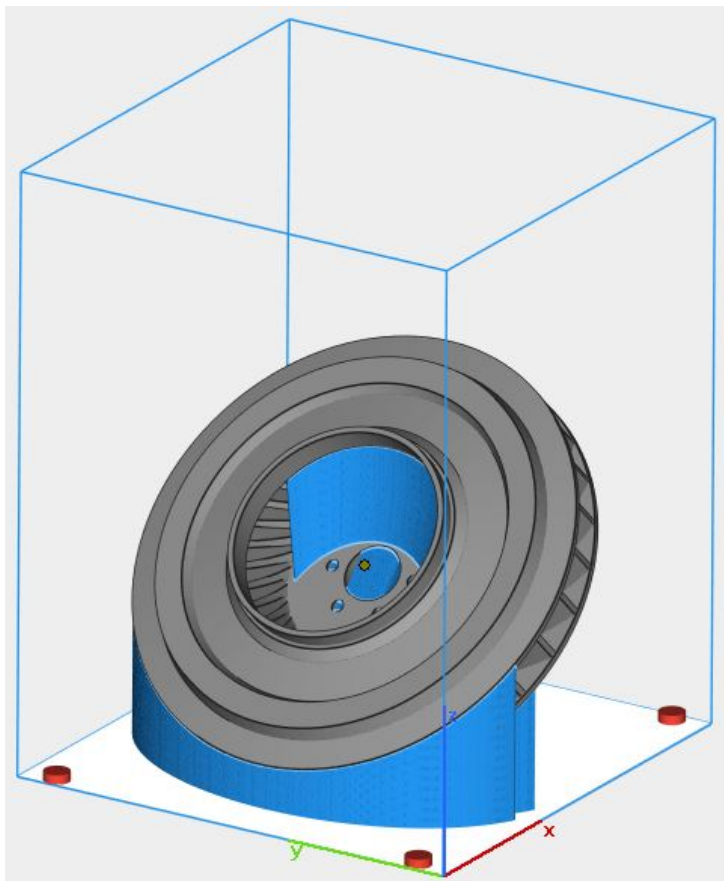
Материал **АК7ч**

Цикл изготовления **60,5 ч.**

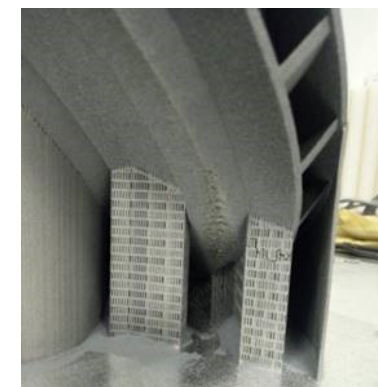
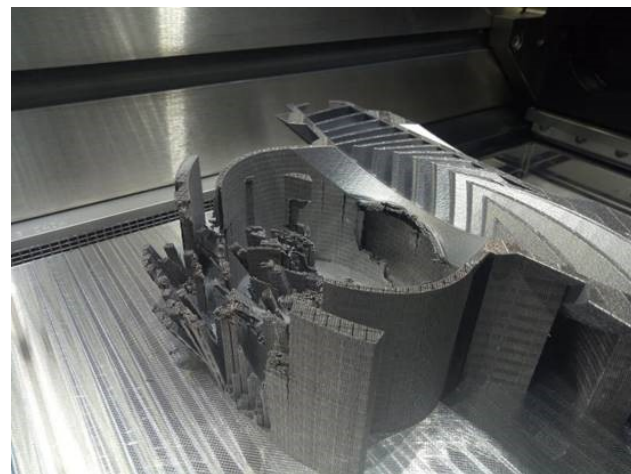
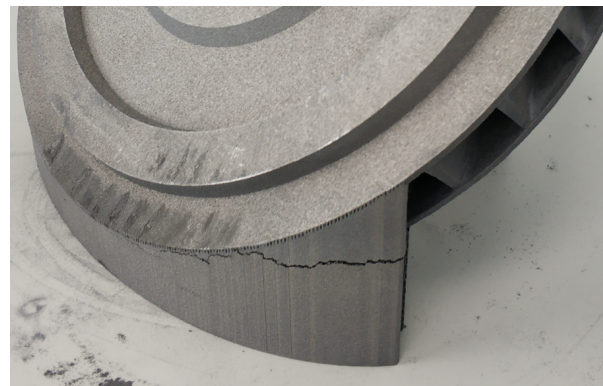
Количество сварных соединений **0 шт.**

Расход порошка на 1 деталь **1,8 кг**

Моделирование процесса печати в ИЛМиТ

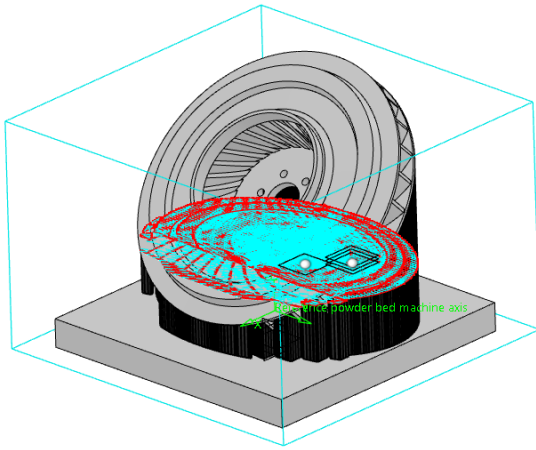


Попытка с первого раза напечатать массивную деталь: стандартная подготовка работы со стандартными поддержками и стратегией печати

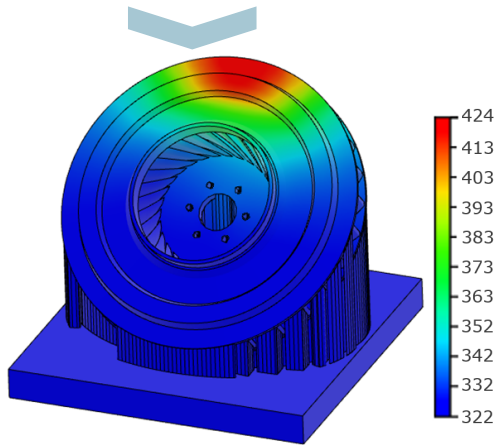


Плохое качество поверхности и частично разрушившиеся поддержки

Моделирование процесса печати в ИЛМиТ

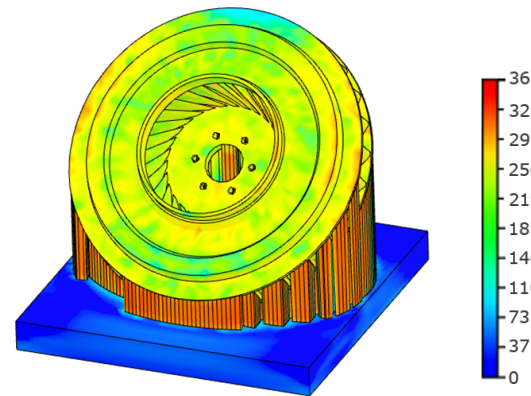


Расположение детали на платформе,
подготовка стратегии печати

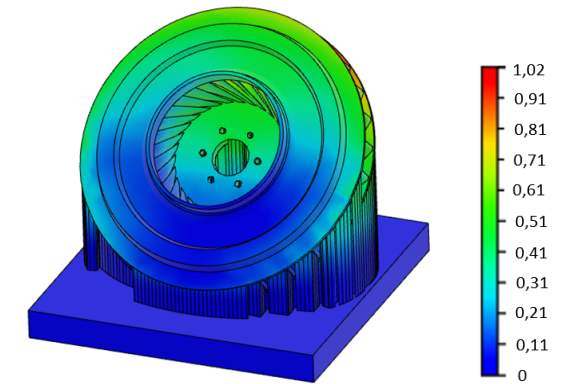


Распределение температур на последнем
шаге, К

- Изменения по сравнению с первой печатью:
- Изменена ориентация детали
 - Регенерированы поддержки
 - Проведено моделирование процесса печати



Распределение эквивалентных по Мизесу
напряжений на последнем шаге, МПа



Распределение узловых перемещений на
последнем шаге, мм

ALLOW

aluminium crafted by hydro power



По всем вопросам:

Мария Гроль, Руководитель проекта Департамента аддитивных технологий ИЛМиТ
Mariya.Grol@rusal.com