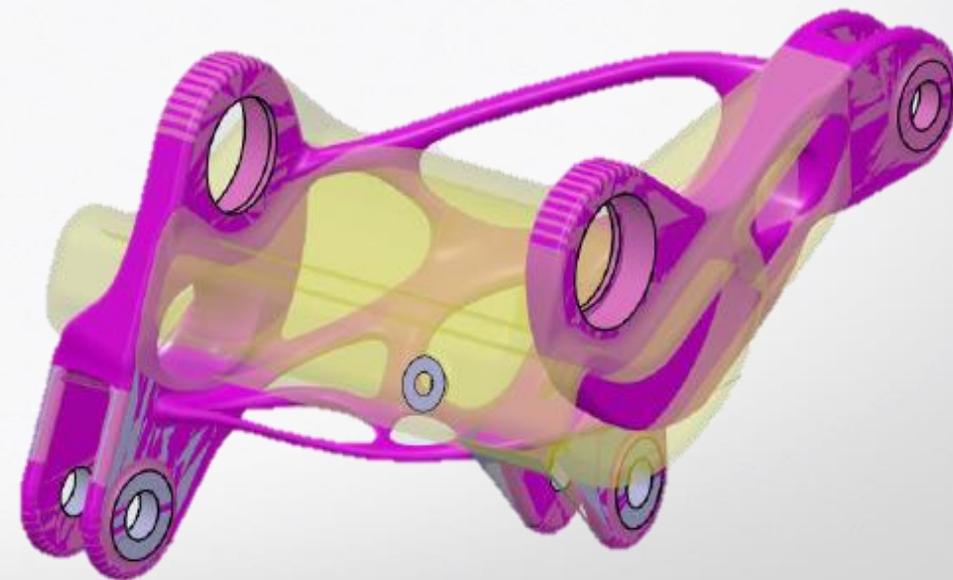
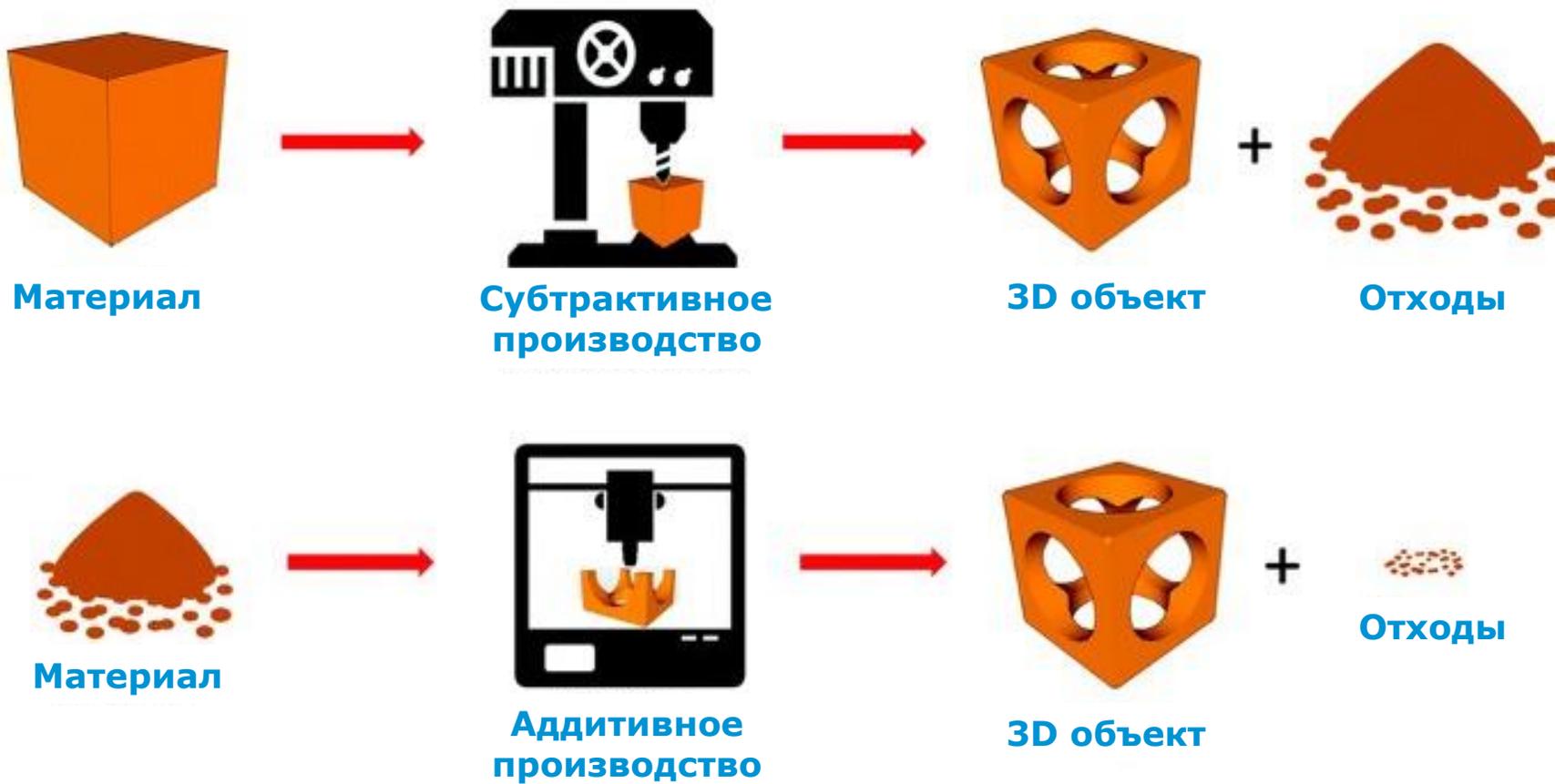


# 3D ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ДИЗАЙНЕ

Институт легких материалов и  
технологий ОК РУСАЛ



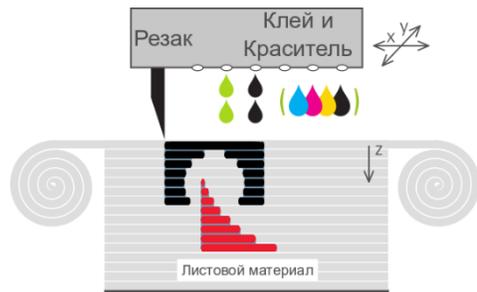
# Аддитивное и субтрактивное производство



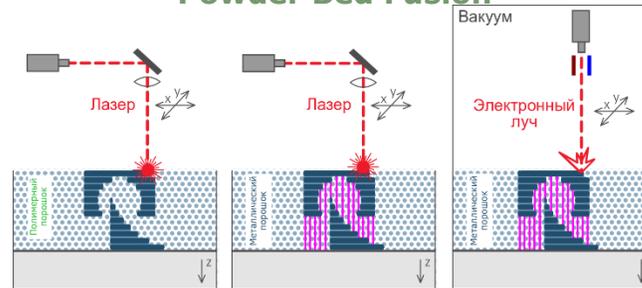
# Виды АТ по ГОСТ Р 57558/ISO/ASTM 52900

Аддитивная технология - процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем

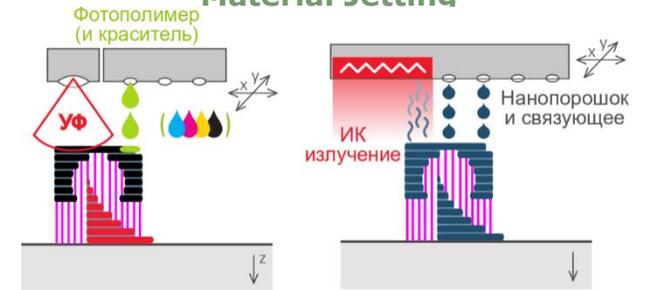
## Листовая ламинация Sheet lamination



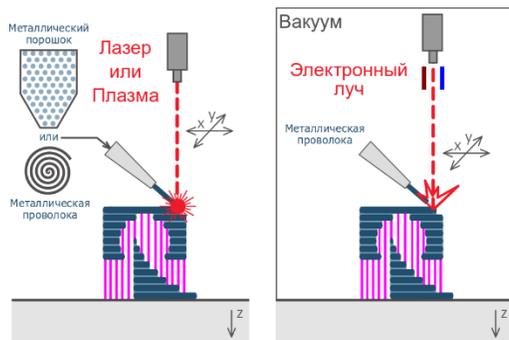
## Синтез на подложке Powder Bed Fusion



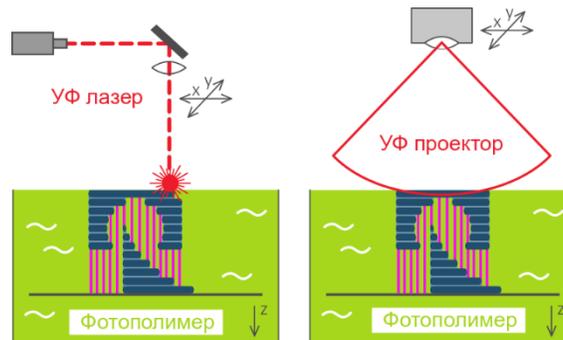
## Струйное нанесение материала Material Jetting



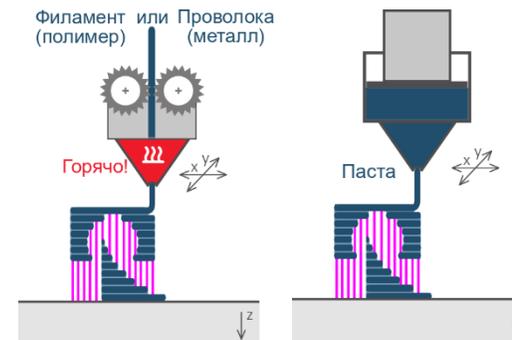
## Прямой подвод энергии и материала Direct Energy Deposition



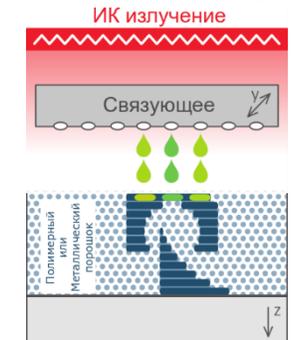
## Фотополимеризация в ванне Vat photopolymerization



## Экструзия материала Material extrusion

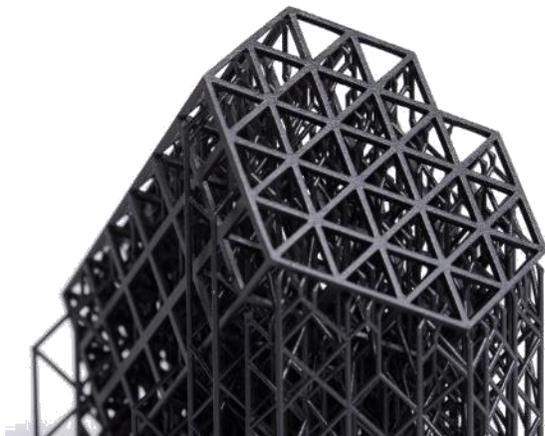


## Струйное нанесение связующего Binder Jetting



## Почему 3D?

Используя аддитивные технологии вы можете



Быстро создавать  
сложные надежные  
конструкции



Изготавливать новые  
формы, повторяющие  
природные



Кастомизировать изделия  
под Потребителя

# Применение аддитивных технологий в строительстве

Строительная промышленность на сегодняшний день стоит перед выбором направлений развития в связи с демографическими изменениями и глобальной урбанизацией. Традиционные подходы уже не обеспечивают должных возможностей для решения возникающих проблем и задач.



Печать строительных конструкций осуществляется послойным нанесением и отверждением строительной смеси по исходной 3D-модели. Печатающая голова состоит из накопителя с мешалкой и экструдера, формирующего необходимый слой.



Китайская компания **«Shanghai WinSun Decoration Design Engineering»** реализует проект по созданию принтеров для постройки зданий с использованием промышленных отходов в качестве строительного материала.



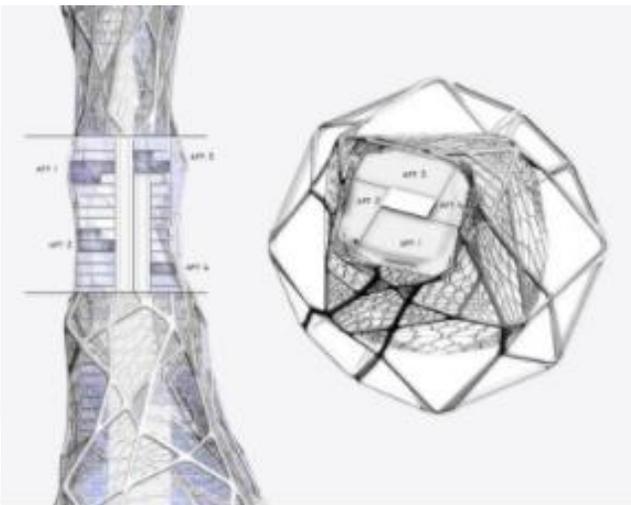
Компания **Apis Cor** предлагает экспериментальную технологию печати небольших зданий. Малогабаритный манипулятор расположен внутри строящегося здания. Малый вес устройства обеспечивает легкость транспортировки и установки.\*

# Применение аддитивных технологий в строительстве



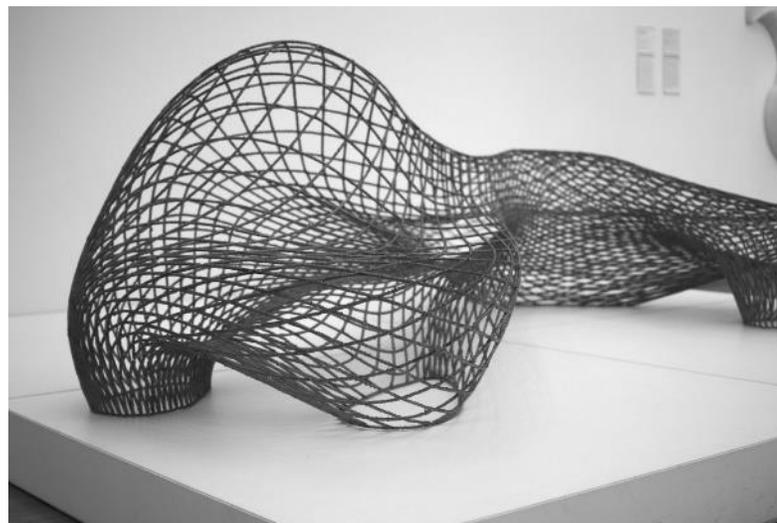
## «Офис будущего» в Дубае

Строительство здания было завершено в мае 2016 года. «Офис будущего» состоит из одного этажа площадью 250 кв. м. Проект выполнен за 17 дней



При проектировании Bionic Tower дизайнерской студией Lava использованы принципы бионического дизайна. Концепт здания создан с применением принципов параметрического моделирования и топологической оптимизации конструкций. Конструкция Бионической башни и системы здания спроектированы таким образом, чтобы обеспечить быстрое реагирование на внешние воздействия – температуру, влажность, загрязнение воздуха, солнечную радиацию.\*\*

# Аддитивные технологии и дизайн



Городские скамейки, клумбы и др.



Арт-объекты, перегородки и др.

# Аддитивные технологии и дизайн



Музей 3D-печати и инновационного дизайна в Шанхае

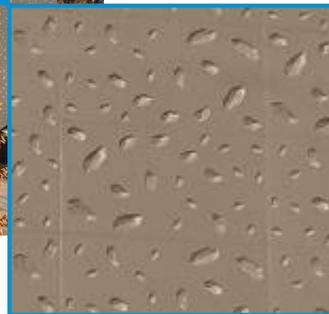


Применение АТ для изготовления газифицируемых и мастер-моделей в ювелирном производстве

# Аддитивные технологии и дизайн



Индивидуальный дизайн облицовочной плитки  
гостевого дома **компания FIT AG**  
(Люпбург, Германия)



Внутреннее оформление аддитивного центра **компания FIT AG** (Люпбург, Германия)

# Аддитивные технологии в мостостроении



В Амстердаме появится первый восьмиметровый пешеходный мост, изготовленный из проволоки нержавеющей стали.

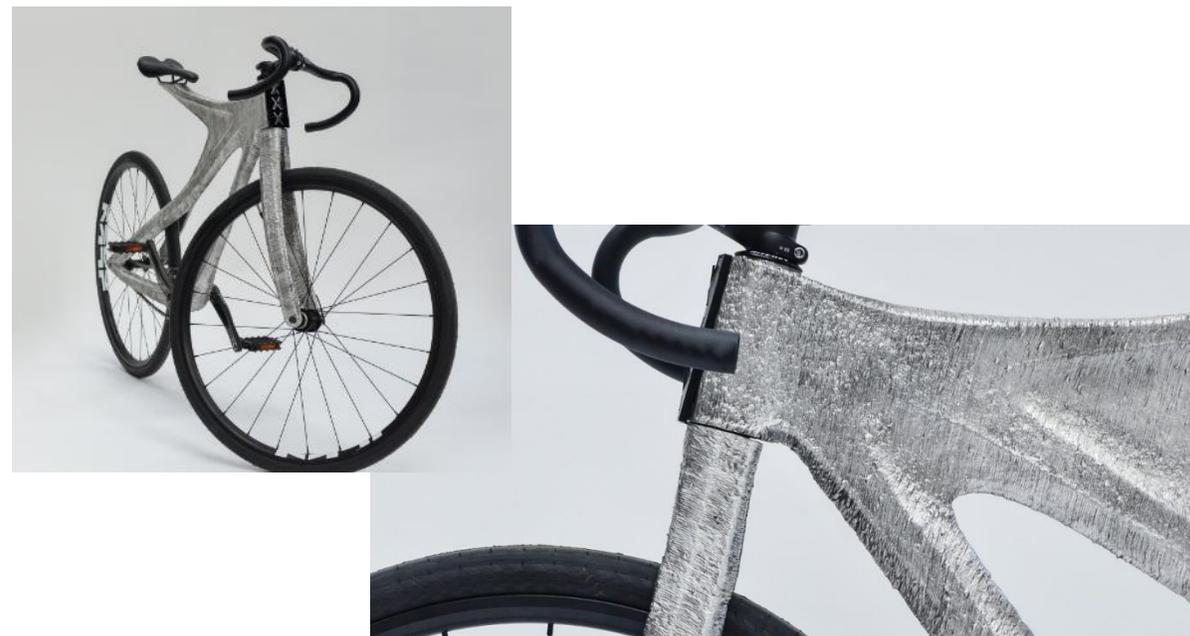
В качестве продолжения концепции планируется, что роботы, расположенные на противоположных берегах, двигаясь навстречу друг другу, напечатают сложную конструкцию.

Институт современной архитектуры Каталонии изготовил напечатанный мост из бетона в 2016 году. Конструкция состоит из 8 составных частей.

## Аддитивные технологии в спорте



APWorks представила электромотоцикл Light Rider. Рама, спроектированная с применением подходов бионического дизайна и топологической оптимизации, напечатана из алюминиевого сплава Al-Mg-Sc на 3D-принтере. Применение новых подходов проектирования и производства позволило снизить массу конструкции – электромотоцикл весит всего 35 кг.



Концепт Arc Bike II печатается в течение нескольких часов из алюминиевой проволоки. Основное преимущество – возможность изготовить раму непосредственно с учетом физиологических особенностей человека.

## Аддитивные технологии в автомобилестроении



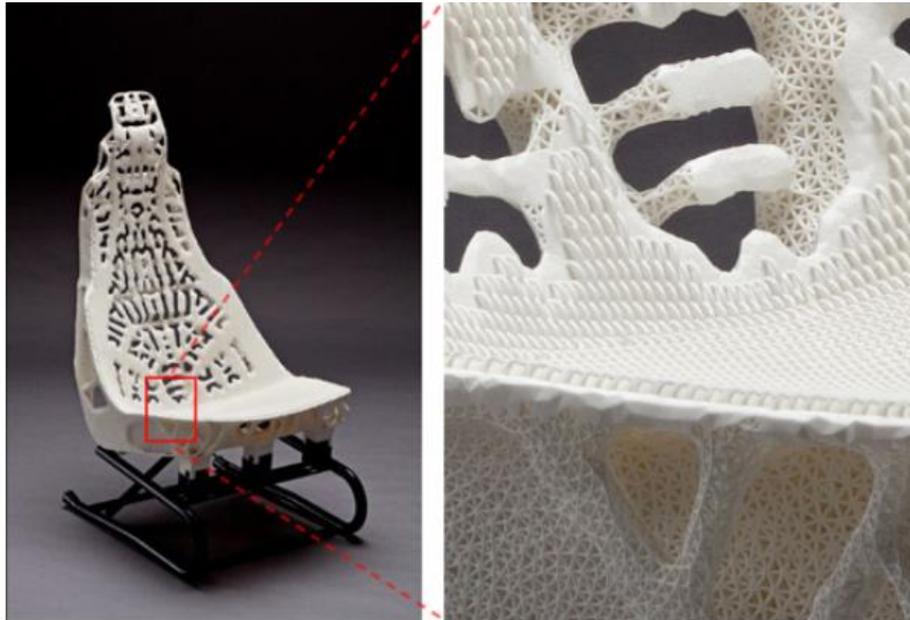
Концепт спортивного автомобиля Light Cocoon, представленный на выставке Geneva Motor Show 2015, спроектирован с применением оптимизационных подходов (топологическая и параметрическая оптимизация) и ячеистых конструкций. Детали напечатаны на 3D-принтере. Оптимизированная конструкция кузова Cadillac Aera позволяет снизить вес конструкции и улучшить аэродинамические характеристики автомобиля..\*

\* <https://www.edag-engineering.de/en/stories/cocoon/>  
 \*\*[beance.net](http://beance.net)

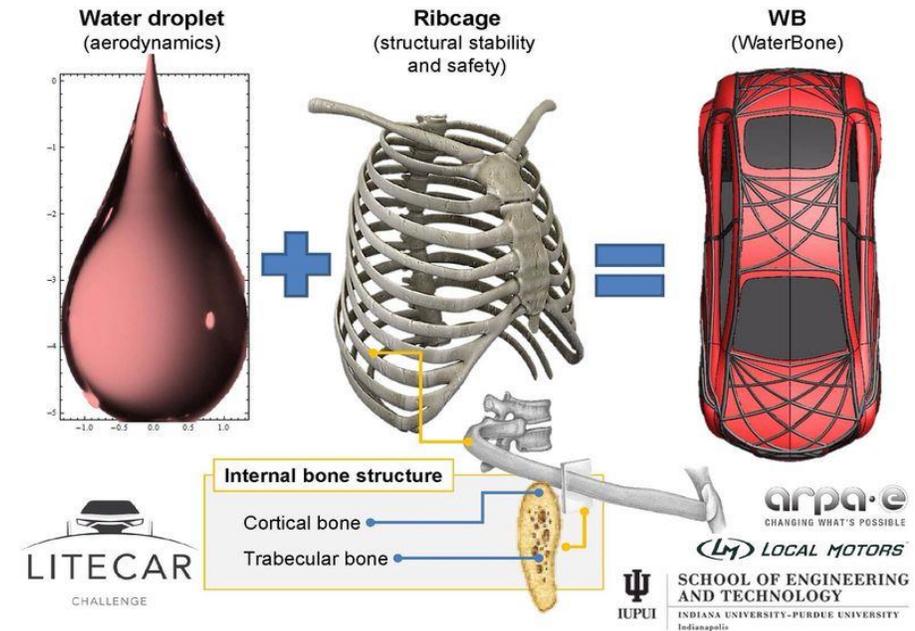


Автомобиль Cirin создан в университете Art Center College of Design. При проектировании конструкции использованы подходы топологической оптимизации. Прочность и легкость конструкции обеспечивается благодаря бионической структуре.\*\*

# Аддитивные технологии в автомобилестроении



Toyota и Materialise представили прототип ультралегкого (7 кг по сравнению с 25 кг) автомобильного кресла, выполненного с применением ячеистых конструкций. Концепт детали получен с помощью программного обеспечения 3-matic STL с применением математических методов оптимизации



Проект Aerodynamic Water Droplet разработан командой из Indiana University-Purdue University Indianapolis. Кузов автомобиля спроектирован в форме капли для достижения оптимальных аэродинамических характеристик. Пористый бионический каркас позволяет амортизировать удар в случае столкновения. Каркас изготовлен из алюминиевого сплава 3D-печатью, элементы соединения изготовлены из полимерного композита.

# Аддитивные технологии в моде



Направление 3D-fashion громко заявило о себе в 2011 году. Именно тогда дизайнеры добились успеха при создании оригинальной 3D-печатной обуви, а на Парижской неделе высокой моды Ирис ван Херпен презентовала коллекцию весенне-летних платьев, напечатанных на 3D-принтере.

В 2013 году, помимо коллекций с 3D-печатными моделями, было реализовано два проекта. Американцы Майкл Шмидт и Фрэнсис Битонти напечатали платье для бурлеск-дивы Диты фон Тиз. А дизайнер из Китая Се Вэй Луном создал эпатажный наряд для Леди Гаги.



В 2013-м NIKE использовала 3D-печать, чтобы создать уникальную модель Vapor Laser Talon Cleat с практически невесомыми подошвами. Позже бренд создал кроссовки Zoom Superfly Flyknit, в которых спортсменка Эллисон Феликс завоевала золотую медаль на Олимпиаде в Рио-де-Жанейро.

Компания Adidas запустила массовый выпуск 3D-печатной обуви. Подошва с применением 3D-печати стала более прочной и гибкой

# Центр аддитивных технологий РУСАЛ



## Установка СЛС EOS M290

- с системами МРМ и ОТ:
- ✓ 250x250x325 мм
  - ✓ лазер 400 Вт



## 3D сканер KreonAce Skyline

- ✓ точность 15 мкм
- ✓ 6 осей

### Аналитическое оборудование:

- ✓ Технологические свойства порошков
- ✓ Гранулометрический состав порошков
- ✓ Оптическая микроскопия
- ✓ Сканирующая электронная микроскопия
- ✓ Химический анализ, включая газовый анализатор

### Оборудование для постобработки:

- ✓ Термическая обработка
- ✓ Фрезерование
- ✓ Токарная обработка
- ✓ Плоская шлифовка
- ✓ Ленточная пила
- ✓ Дробеструйная обработка

### Испытательное оборудование:

- ✓ Испытания по ГОСТ 1497
- ✓ жаропрочность
- ✓ циклические испытания
- ✓ твердость и микротвердость
- ✓ коррозионная стойкость

Запуск участка в апреле 2020 г.

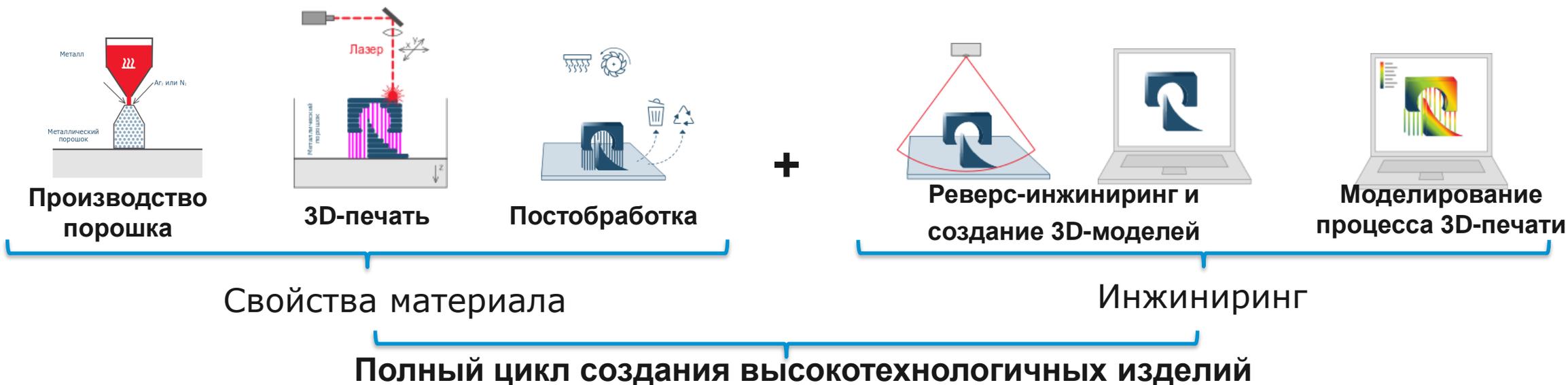
### Лабораторный атомайзер BluePower AU12000

- ✓ Емкость тигля 12 л.
- ✓ Высокотемпературный модуль (до 1800°C)



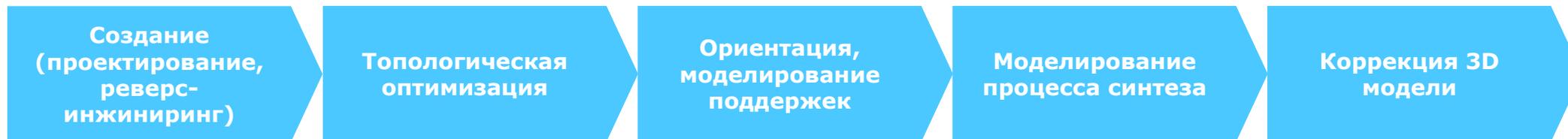
# Центр аддитивных технологий РУСАЛ

Полный цикл исследований и производства – ключ к развитию и расширению применения новых материалов



# Схема разработки АТ

## 3D-модель



## Материал



## Аддитивное производство



# Новые материалы

В ОК «РУСАЛ» разработан высокопрочный сплав для аддитивных технологий Al-Mg-Sc марки RS-553 с пониженным содержанием Sc

Сплав	AlSi10Mg		RS-553
ХУ	Отжиг	T6	<b>Отжиг</b>
Предел прочности, МПа	320	310	<b>485</b>
Предел текучести, МПа	210	240	<b>435</b>
Относительное удлинение, %	7,0	5,5	<b>16,5</b>
Предел выносливости (N = 2·10 <sup>7</sup> )	≤ 100	110	<b>180</b>
Скорость коррозии (90 сут.), г/мм <sup>2</sup> сут.	0,029	0,076	<b>0,026</b>

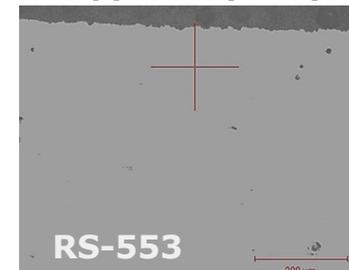
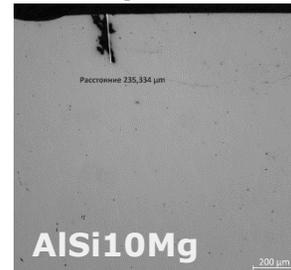
## Преимущества:

- Сплав **RS-553** не требует закалки – высокие свойства достигаются после традиционного отжига;
- Сплав обладает прочностью выше в **1,5 раза** по сравнению с AlSi10Mg и лучшей на **40 %** усталостной долговечностью;
- Коррозионная стойкость на уровне сплавов 5XXX;

Испытания на склонность к расслаивающей коррозии (РСК)



Испытания на склонность к межкристаллитной коррозии (МКК)



max h<sub>кор</sub> = 235 мкм

**МКК отсутствует**

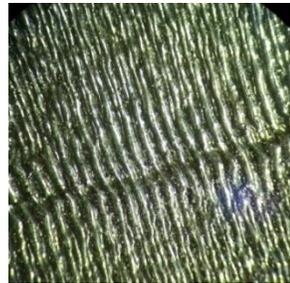
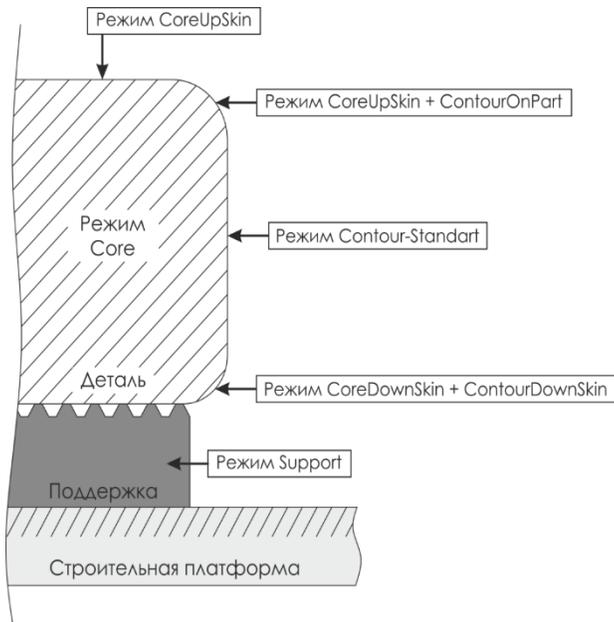
Повышенная коррозионная стойкость позволяет применять материал в жестких условиях

Пример сложнопрофильного изделия из RS-553

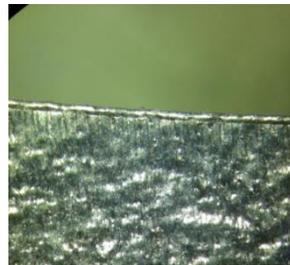


Ра не превышает 12 мкм

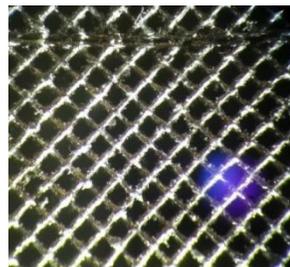
# Разработка режима СЛС



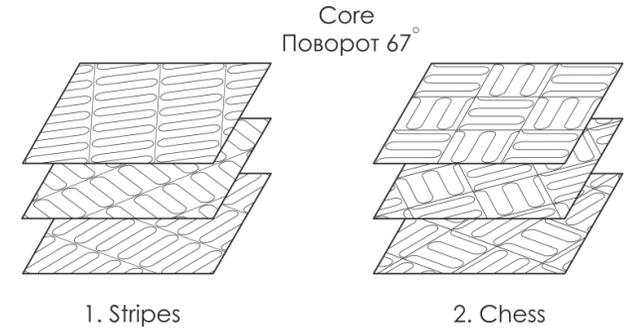
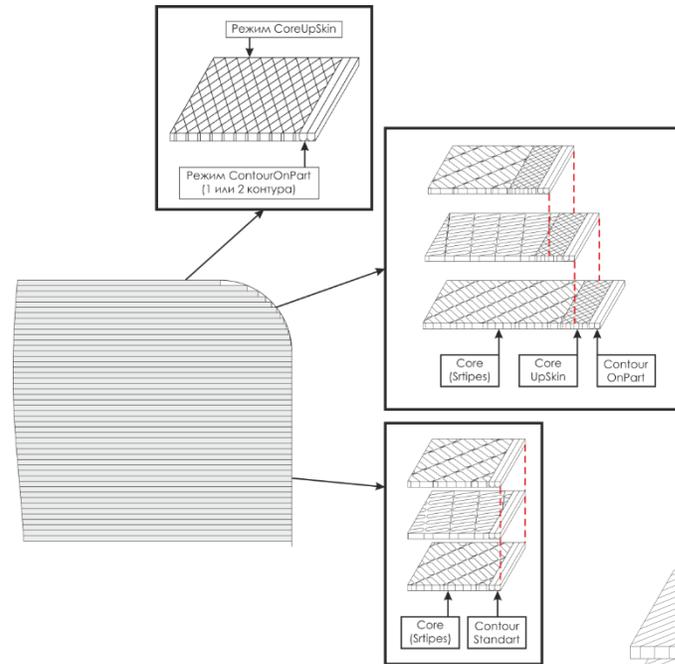
Stripes



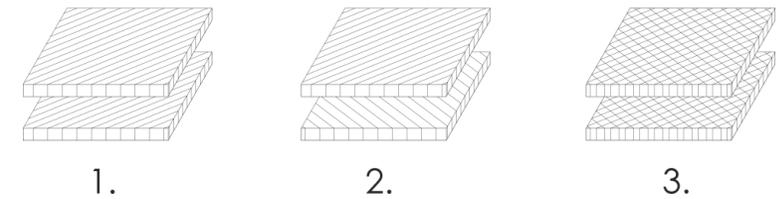
Contour



Support



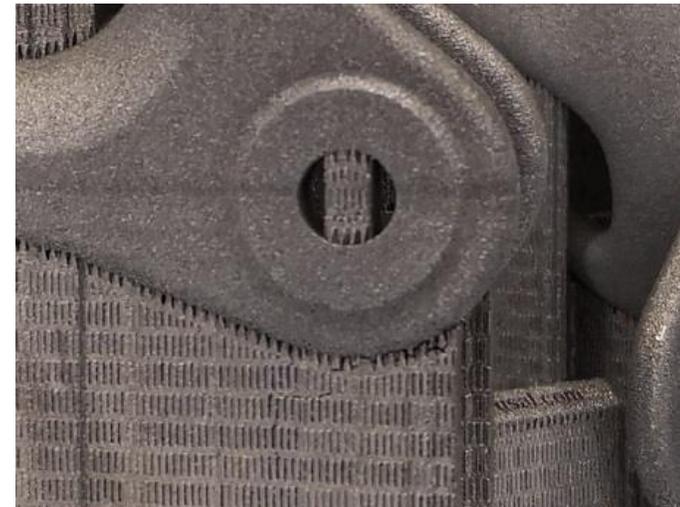
CoreUpSkin / CoreDownSkin



# Отработка ориентации и параметров структур поддержек



Отработка ориентации



Отрыв детали от поддержки



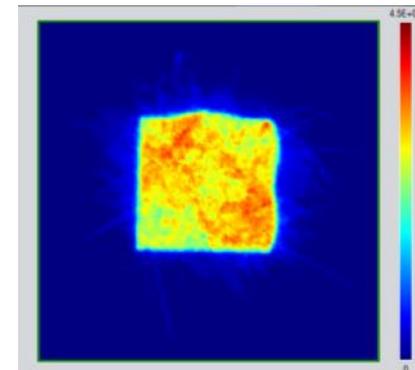
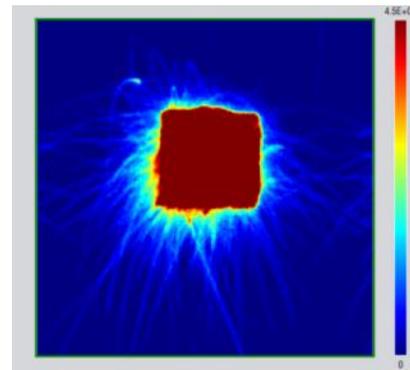
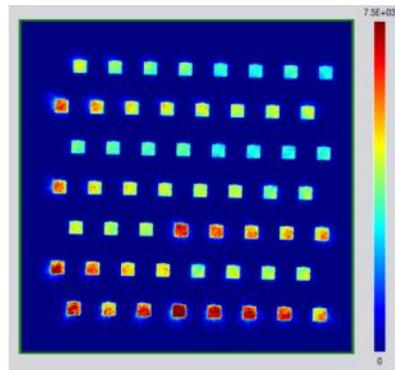
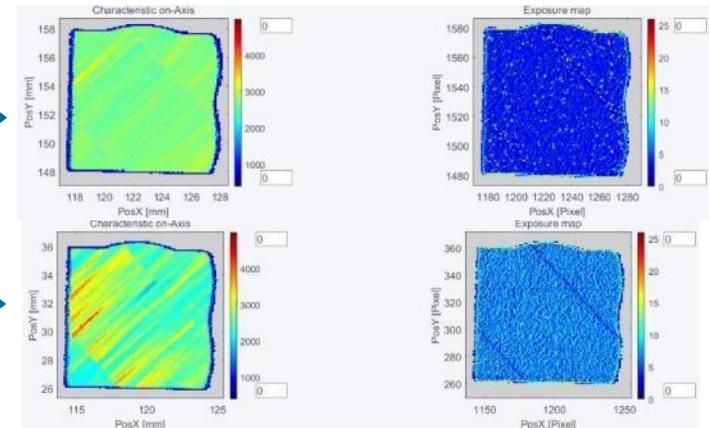
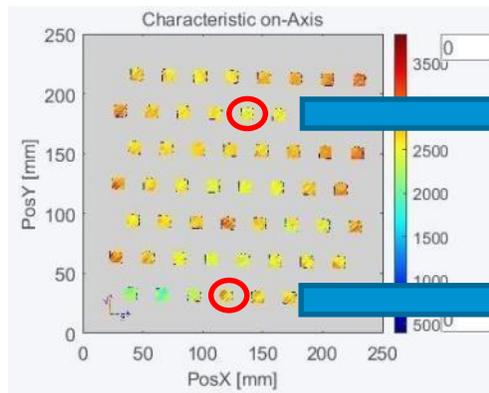
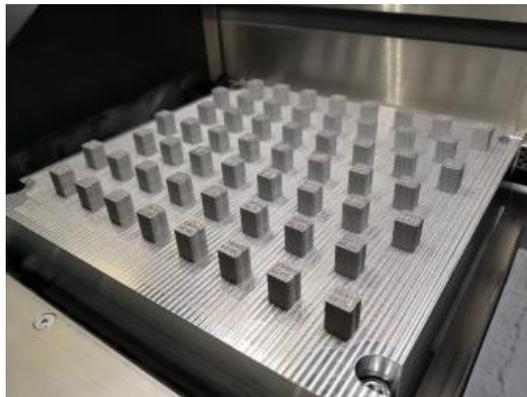
Настройка параметров поддержек



Лопнувшая поддержка

# Системы мониторинга процесса печати

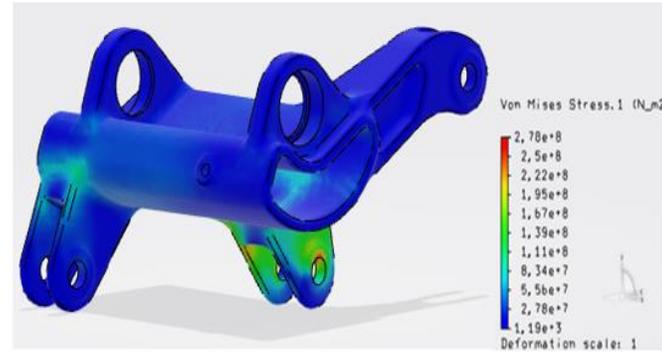
EOS M290 в ИЛМиТ оснащен системами мониторинга процесса печати EOS MELTPOOL MANAGEMENT/ EXPOSURE OPTICAL TOMOGRAPHY



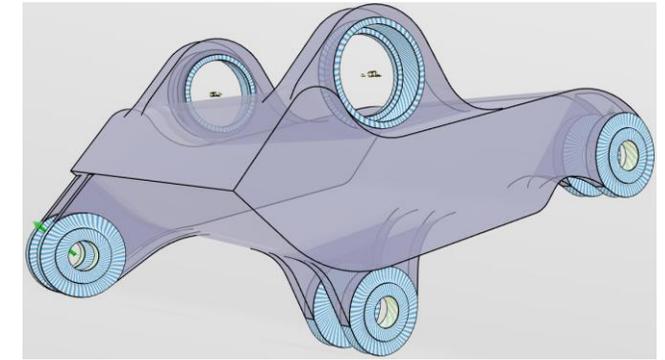
# Топологическая оптимизация



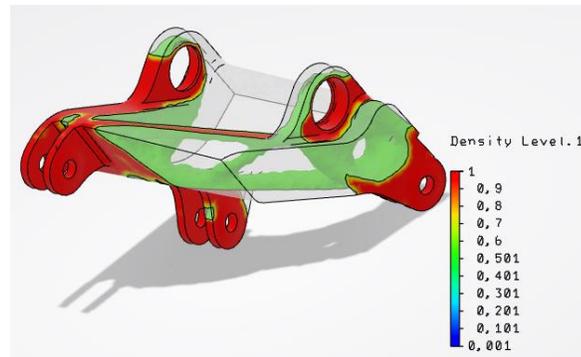
Исходная деталь



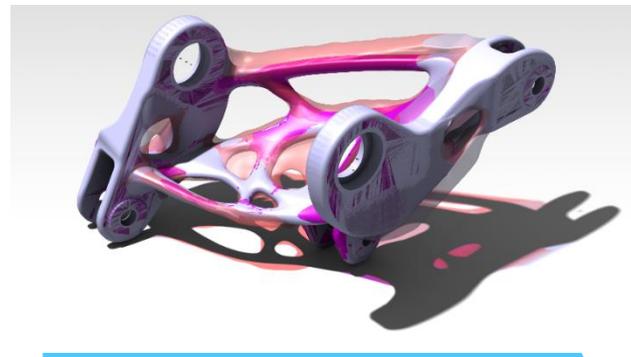
Расчетная схема для детали



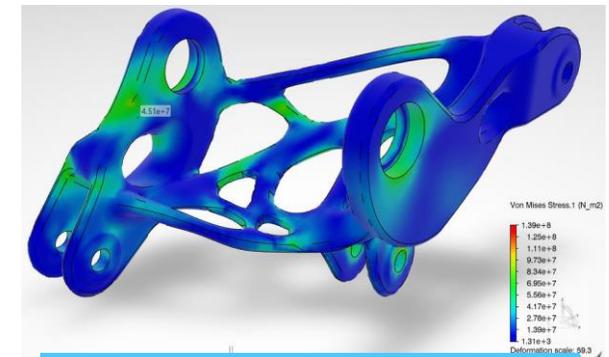
Модель для оптимизации с проектной областью и «замороженными» областями



Результат оптимизации - распределение условных плотностей в проектной области



Построение различных концептов и их сравнение



Поверочные расчеты

# Печать оптимизированных изделий

Селективное лазерное сплавление позволяет одновременно печатать совершенно разные изделия, которые изготавливаются из одинакового сплава



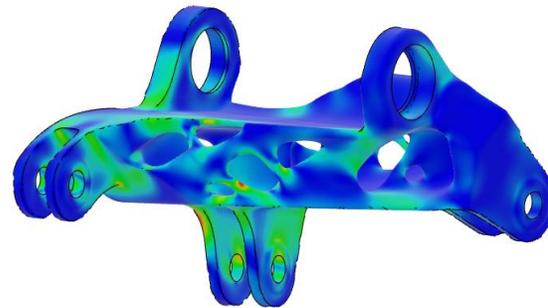


# Топологическая оптимизация



AK7ч (отливка)

641 гр



AK7ч (3D печать)

544 гр

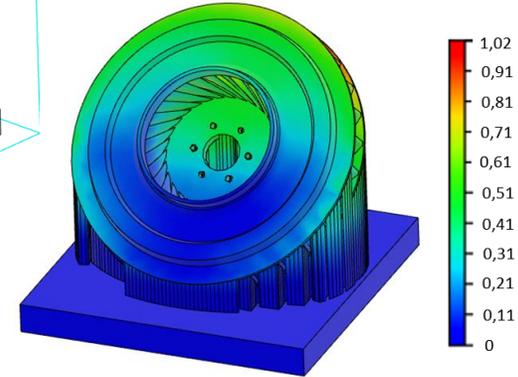
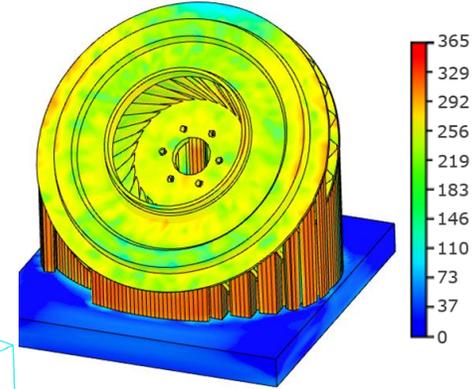
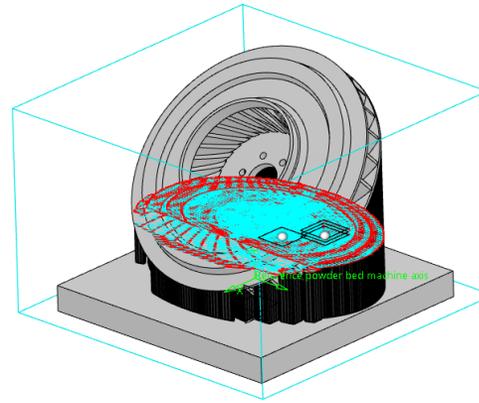
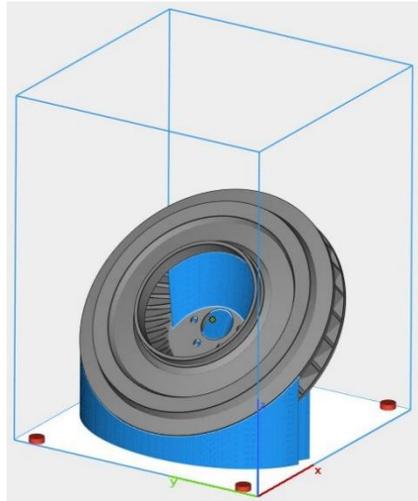
Срок жизни – 3 ресурса



RS-553 (3D печать)

403 гр

# Оценка НДС детали в процессе печати



Сгенерировано расположение детали на платформе и поддержки

Неудовлетворительное качество поверхности, лопнувшие поддержки

Сгенерированы новое расположение и поддержки

Напряжения и деформации детали в процессе печати

Готовая деталь\*

\*3D-сканирование показало, что все поверхности детали находятся в поле допуска в сравнении с исходной моделью, следовательно, геометрическая точность обеспечена

# Благодарю за внимание

