

Метрология в аддитивных ТЕХНОЛОГИЯХ

Повышение производительности с
помощью комплексного контроля
качества.



Целостный интегрированный процесс аддитивного производства



4

5

Характеристики порошка и материала
SEM, LM, X-ray CT

Метрология процесса и анализ данных

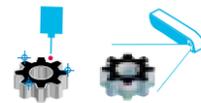
Пост печать Термическая обработка и удаление деталей
CMM, 3DScanning.

Дефекты и контроль внутренней структуры
X-ray CT, LM

Проверка качества материалов после печати
SEM, LM, X-ray CT

Проверка размеров и качества поверхности
CMM, X-ray CT, 3D Scanning, LM

Обработка данных статистика и аналитика
Analytics and Correlation Tools



Повышение производительности в аддитивном производстве

Процессы 3D-печати-аддитивное производство-все чаще становятся частью производственной цепочки промышленного производства. Медицинские технологии, аэрокосмическая и автомобильная промышленность лидируют в области инноваций и внедрения аддитивного производства.



Импланты



Мед.устройства



Запчасти для авто



Детали авиадвигателей

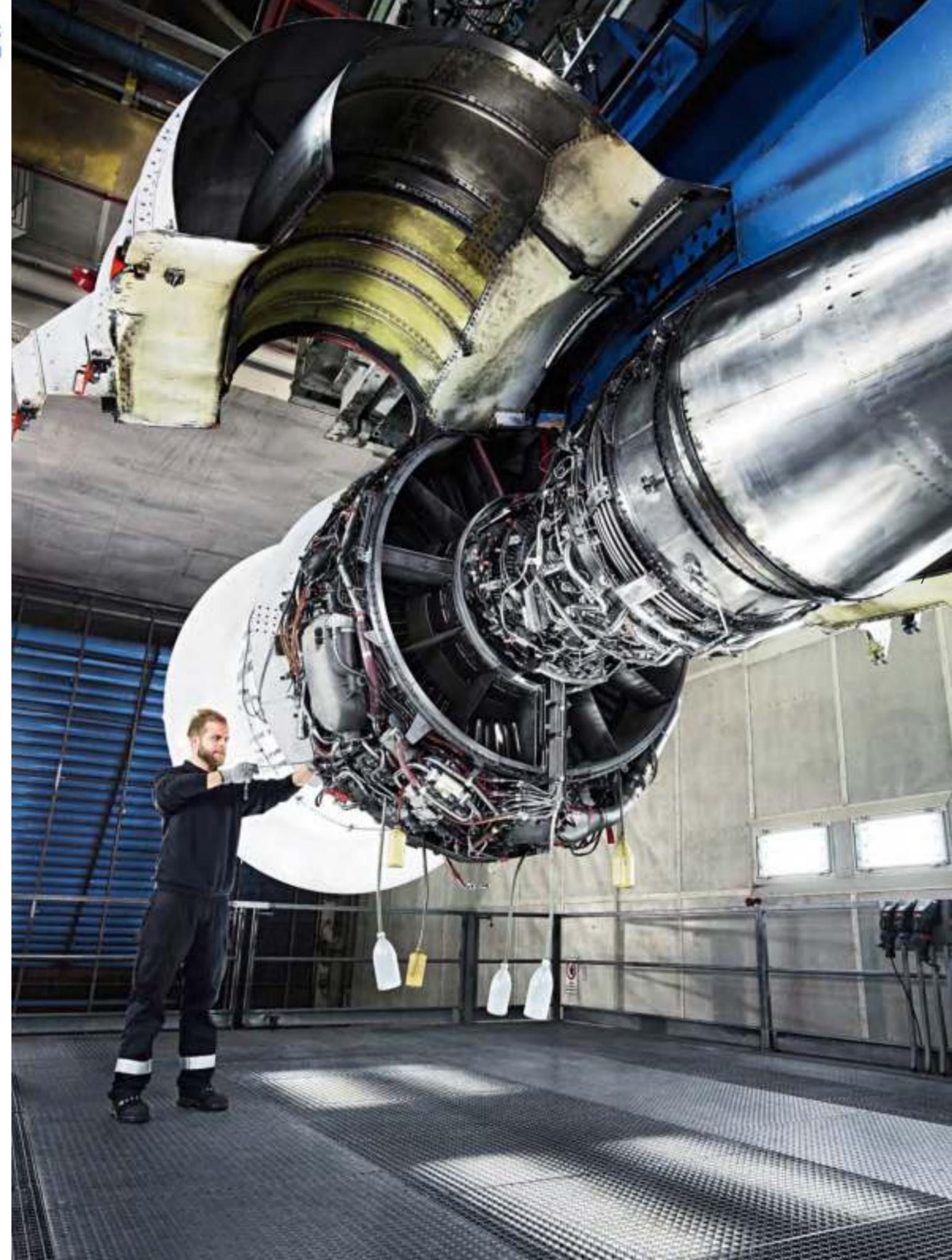


- + АНАЛИЗ СОСТАВА МАТЕРИАЛА
- + АНАЛИЗ ПОРОШКА

Термическая обработка и удаление деталей

- + МЕТАЛЛОГРАФИЯ
- + АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ
- + МЕТРОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ
- + ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Этот интегрированный процесс приносит самые надежные знания и, таким образом, уверенность в надежности 3D-печатных деталей.



Характеристики порошка и материала



Световая микроскопия (LM)



Сканирующие электронные микроскопы (SEM)



X-ray Компьютерная томография (X-ray CT)

Порошок является строительным блоком аддитивно изготовленных деталей. Распределение по размерам отдельных частиц порошка влияет на то, как порошок уплотняется и влияет на плотность сборки и возможность появления дефектов, видимых позже в процессе. LM, SEM и компьютерная томография помогают определить качество порошка.

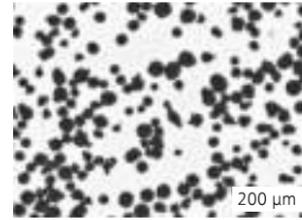


Характеристики порошка и материала

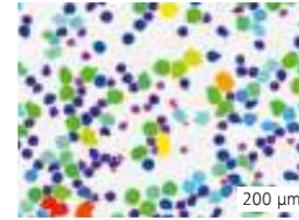


Световая микроскопия (LM)

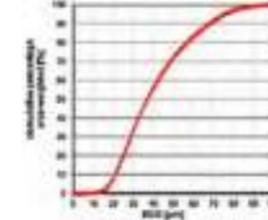
Оптические микроскопы предлагают возможность быстрой порошковой дискретизации и надежного анализа распределения частиц по размерам.



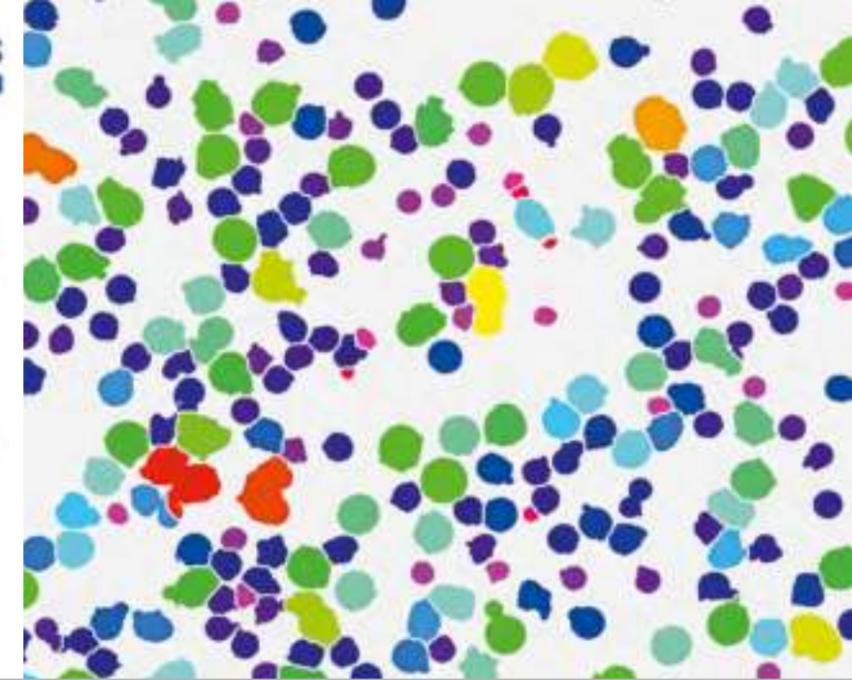
Снимок порошка



Автоматическая сортировка

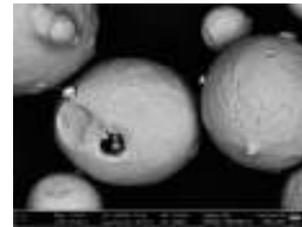


Распределение размера частиц



Сканирующая электронная микроскопия (SEM)

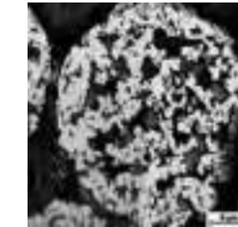
Частицы порошка довольно малы по размеру, обычно от нескольких микрометров до десятков микрон в диаметре. Сканирующие электронные микроскопы (SEM) предлагают разрешение на нанометровом уровне и возможность исследовать партию или каждую отдельную частицу, чтобы помочь инженерам лучше понять компоненты для аддитивного производства.



Новый порошок



Переработанный



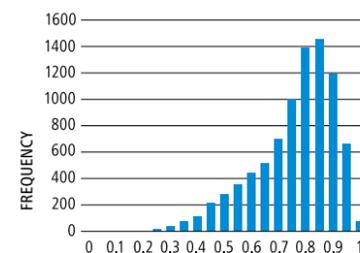
Порошок с пористостью



X-ray Компьютерная томография (X-ray CT)

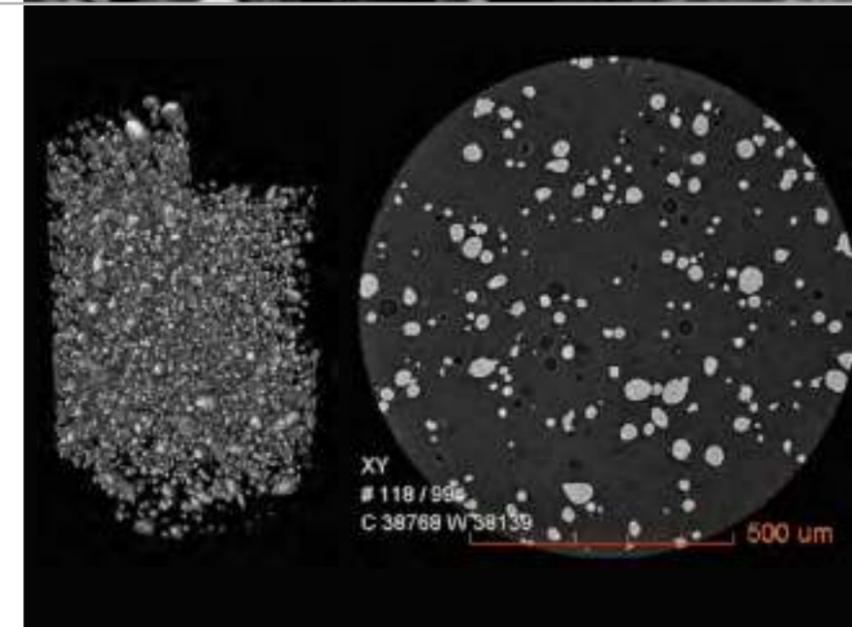
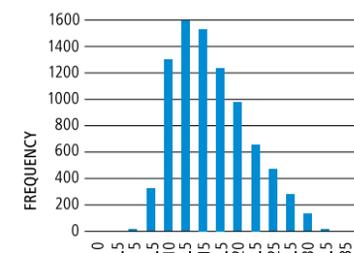
Рентгеновская компьютерная томография высокого разрешения позволит провести детальный анализ формы, размера и распределения частиц по объему. Анализ формы по отношению к компактности слоя порошка помогает определить правильные параметры процесса и сократить время разработки оптимальной рецептуры печати.

Соотношение сторон

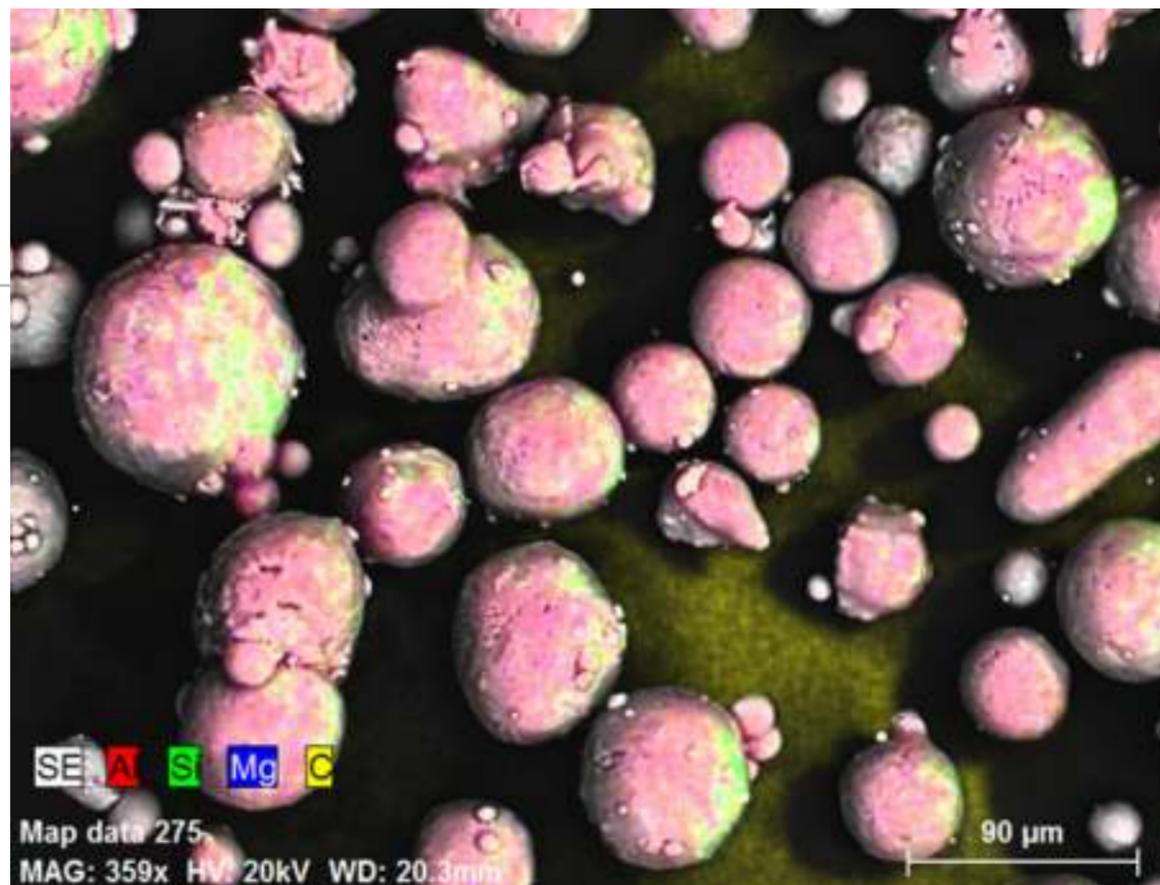
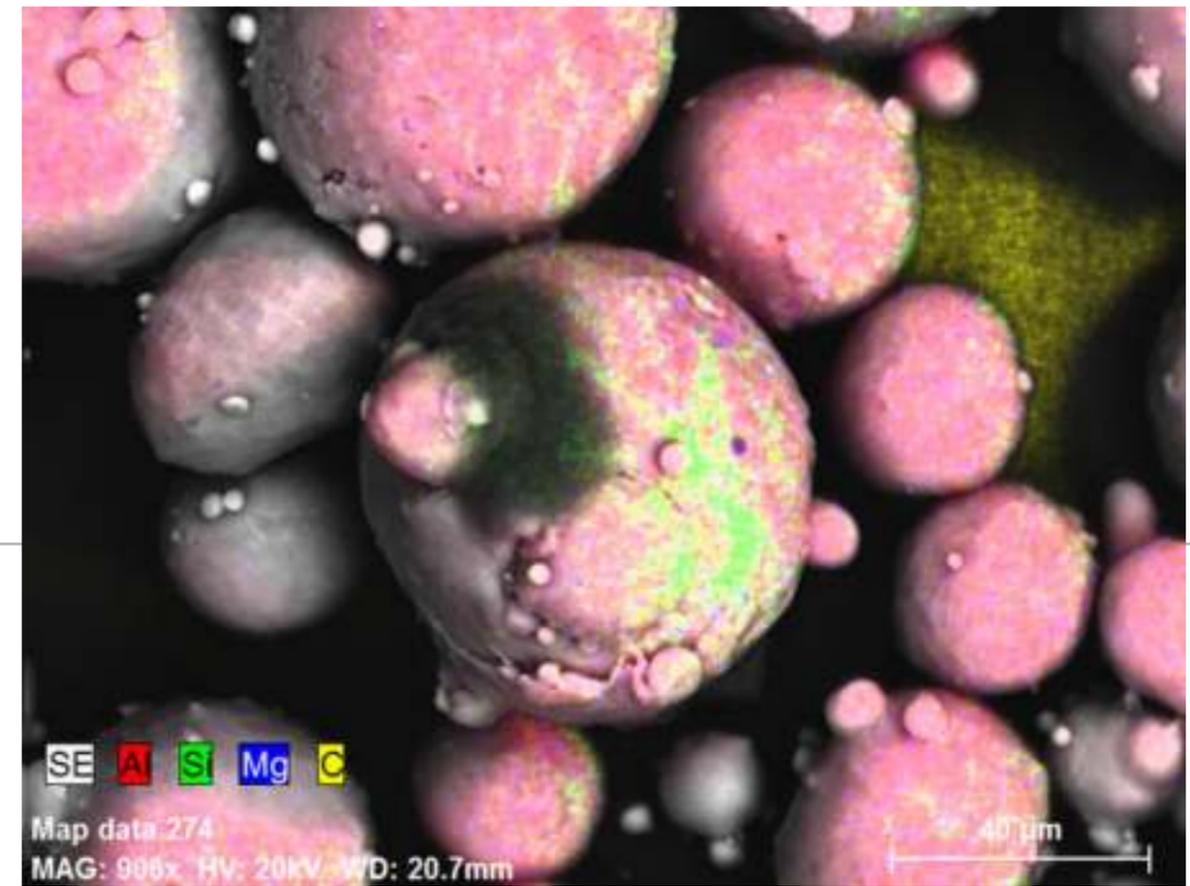
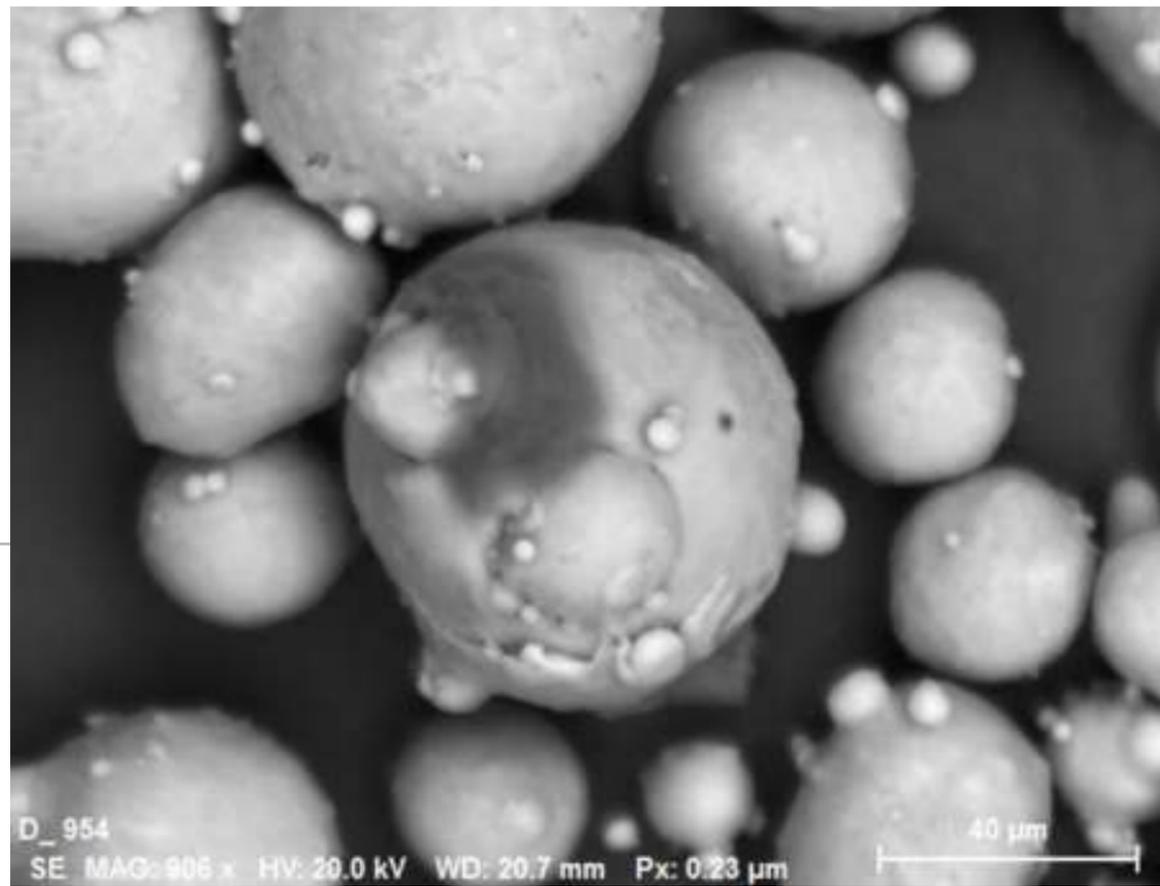


8500 + частиц, проанализированных на соотношение сторон.

Диаметр частиц



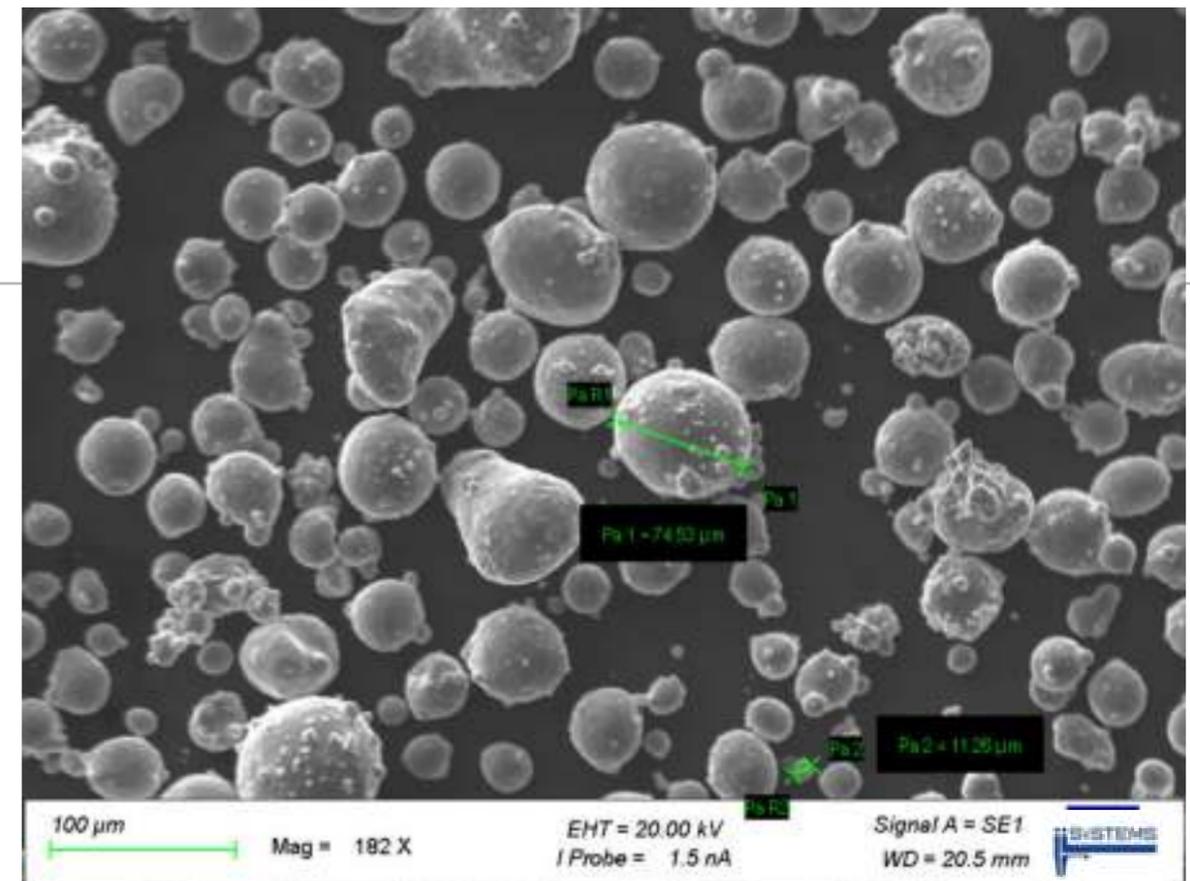
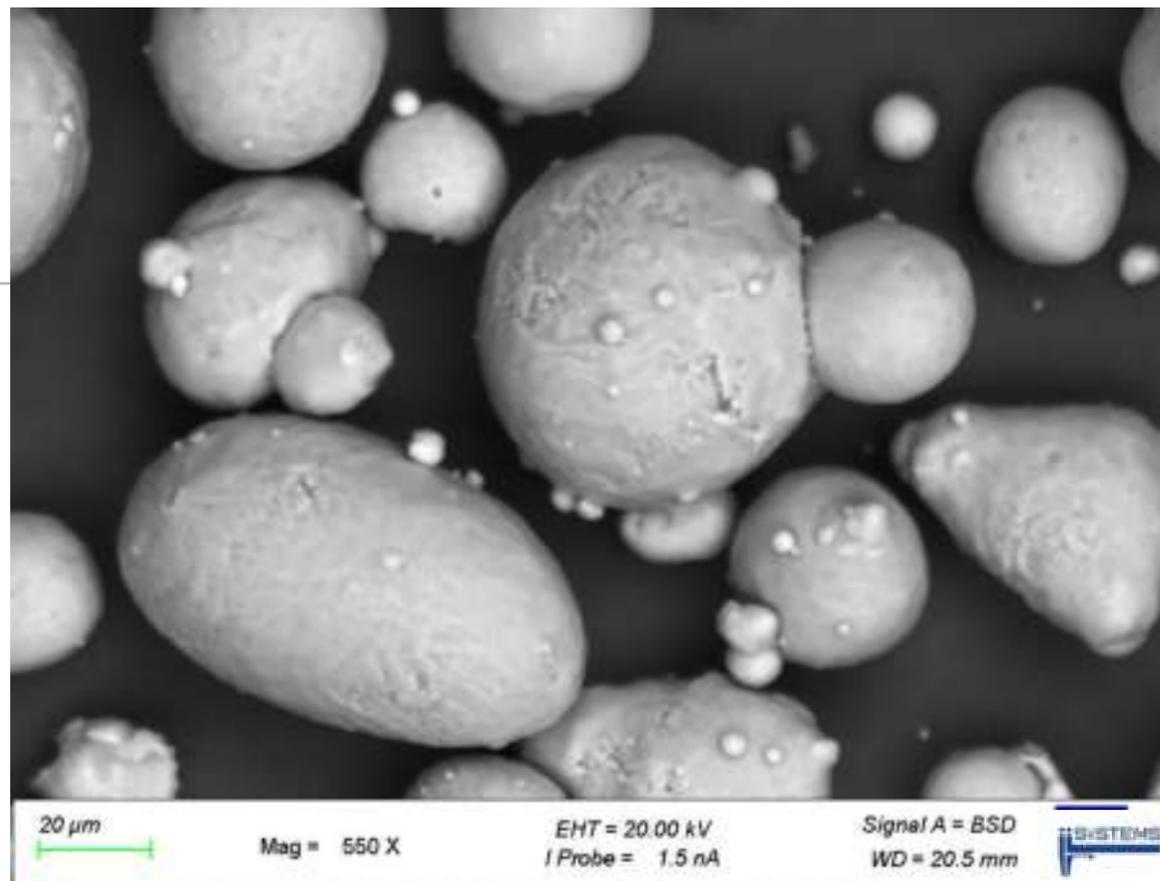
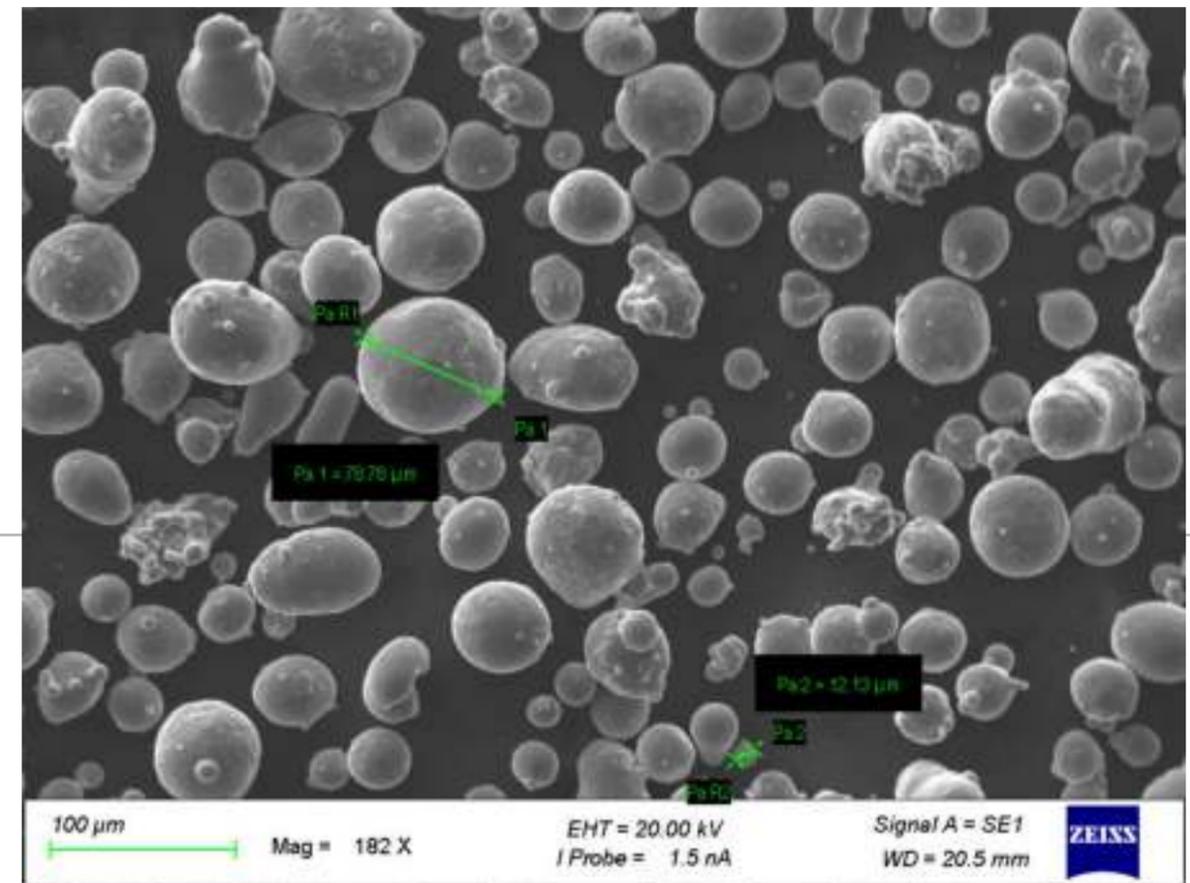
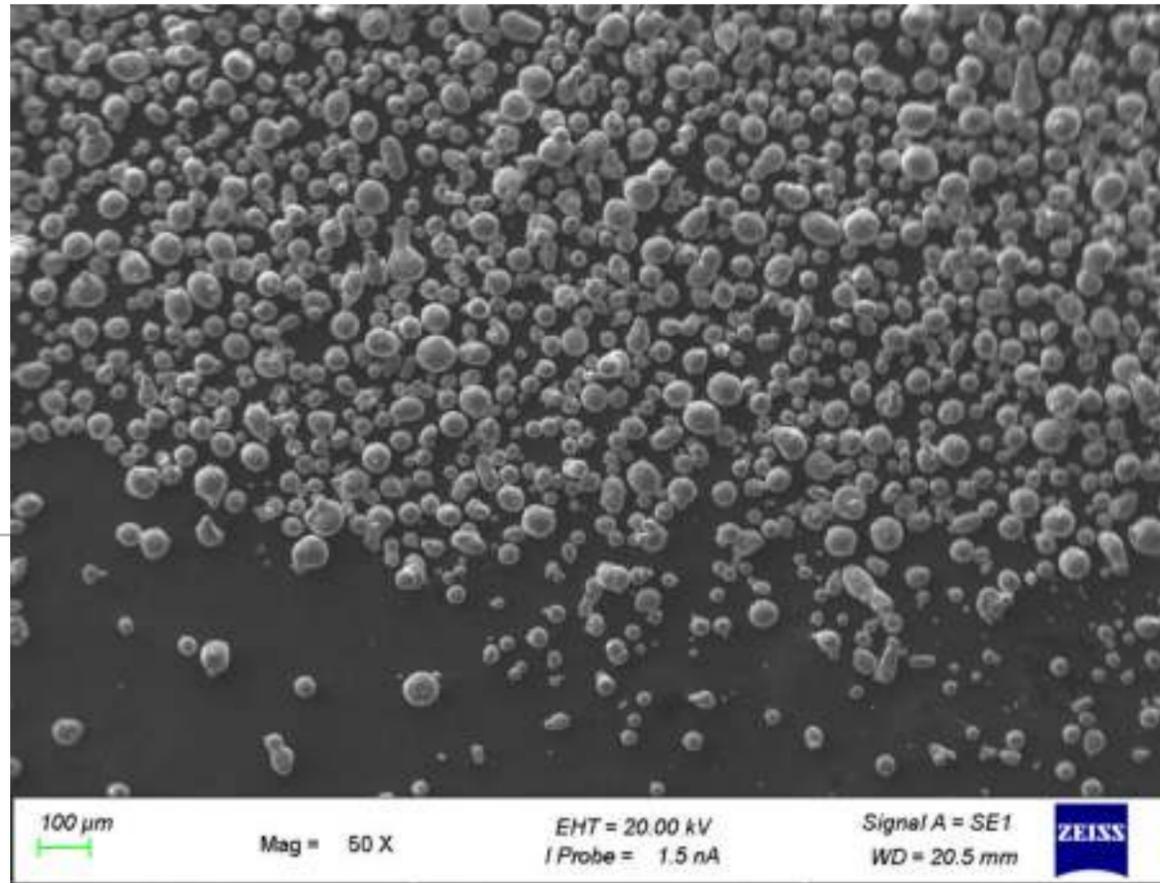
Характеристики порошка и материала



Norm. mass percent (%)

| Spectrum | Mg | Al | Si |
|-------------|------|-------|------|
| Spectrum_ 3 | 0.86 | 93.01 | 6.13 |
| Spectrum_ 4 | 0.84 | 96.48 | 2.68 |
| Spectrum_ 5 | 0.89 | 92.08 | 7.03 |
| Spectrum_ 6 | 0.85 | 91.89 | 7.26 |
| Spectrum_ 7 | 0.82 | 96.50 | 2.69 |
| Mean value: | 0.85 | 93.99 | 5.16 |
| Sigma: | 0.03 | 2.32 | 2.30 |
| Sigma mean: | 0.01 | 1.04 | 1.03 |

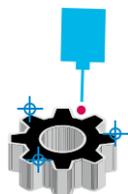
Характеристики порошка и материала



Анализ после печати, термическая обработка и удаление с подложки.



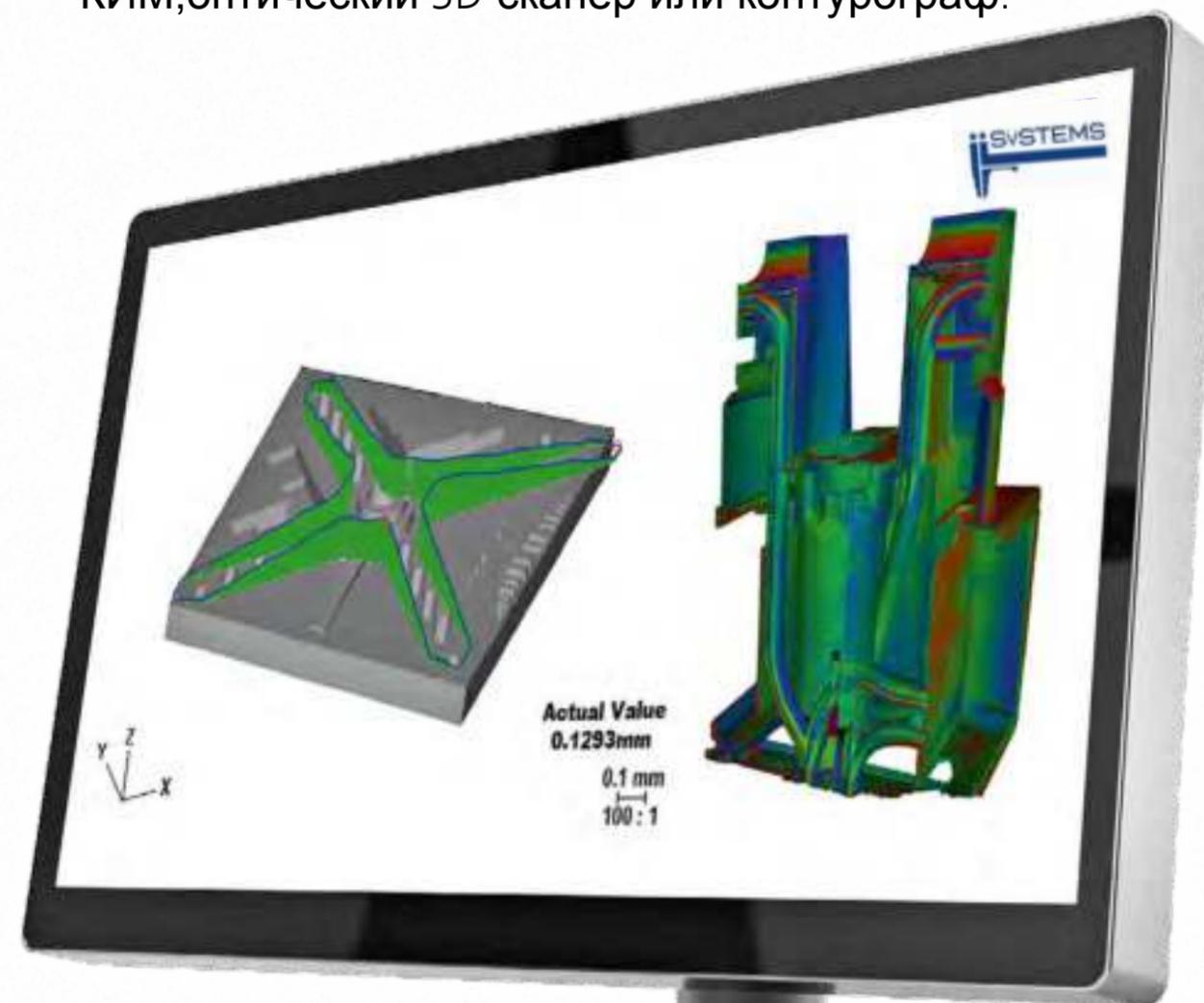
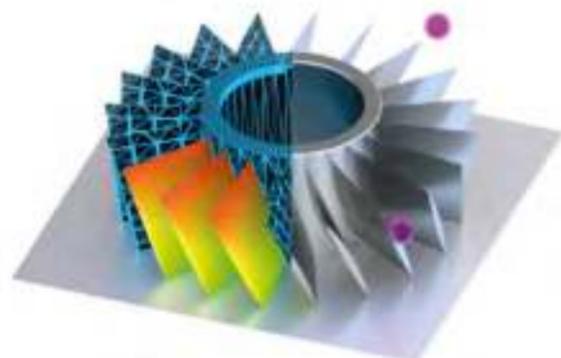
Успешная сборка требует различных постобработок для обеспечения точности размеров и оптимальных свойств материала. После печати деталь все еще крепится к монтажной пластине. Затем его подвергают термической обработке и удаляют с подложки. Чтобы лучше понять влияние этих процессов на конечное качество, можно использовать КИМ, оптический 3D-сканер или контурограф.



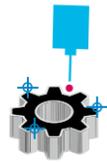
Координатно-измерительные машины (CMM)
Контурографы-профилографы (SF&G)



3D сканер

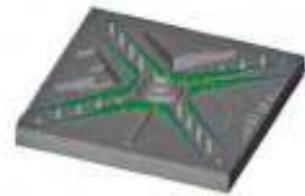


Анализ после печати, термическая обработка и удаление с подложки.

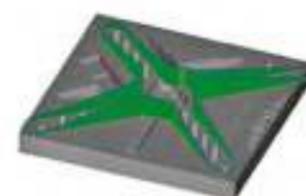


Координатно-измерительная машина (СММ)

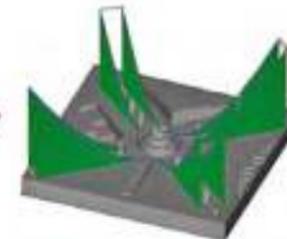
Ким может использоваться для быстрой проверки размерного состояния детали на всех трех стадиях постпроцесса: при сборке, термообработке, удалении и очистке. Тактильные измерительные машины позволяют проводить последовательные измерения во многих условиях обработки поверхности и метрологию более глубоких отверстий и полостей.



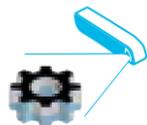
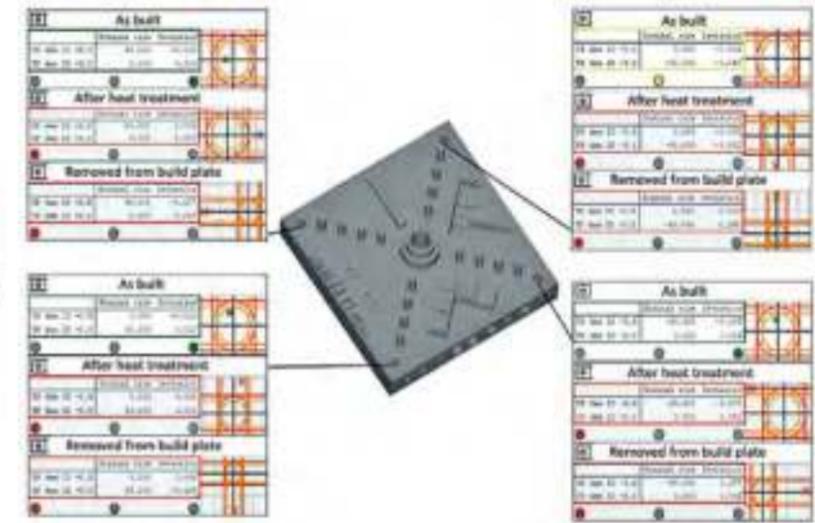
После печати



После термообработки

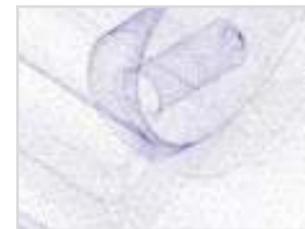


После удаления



3D Сканер

3D-сканирование обеспечивает высокую скорость и высокую плотность сбора данных. Оно может захватывать данные всей внешней поверхности, генерируя данные высокой плотности, позволяя анализировать форму, размер и местоположение объектов, а также всю деталь.



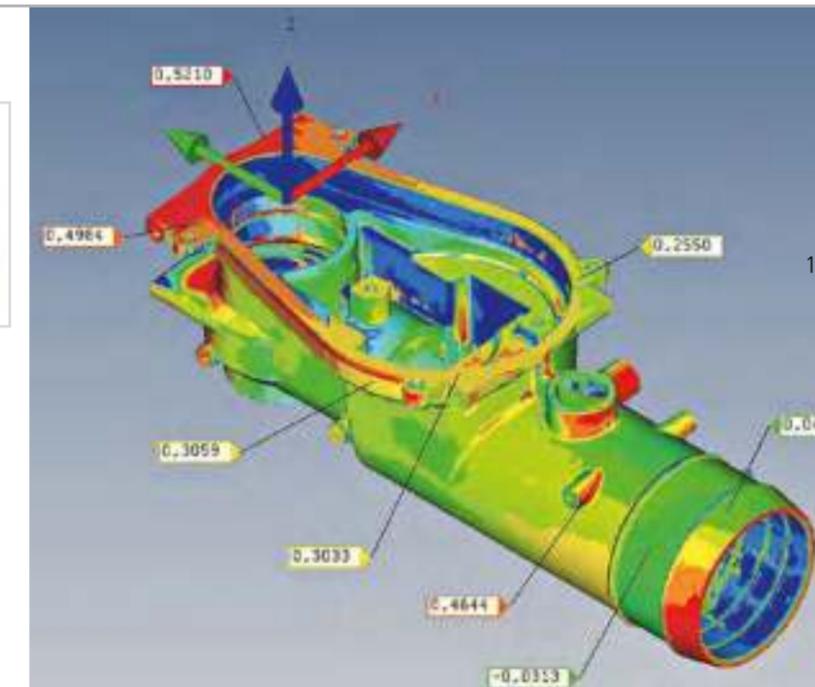
Облако точек, генерируемое с помощью 3D-сканера



Объединенное облако точек всех захваченных данных

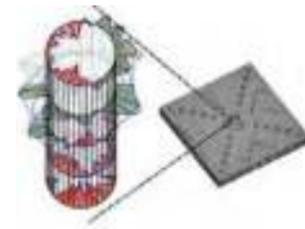


Треугольная сетка (STL), вычисленная на основе захваченного облака точек



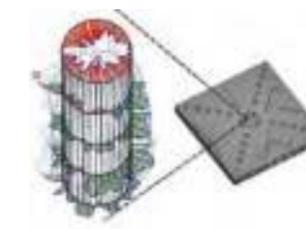
Эффекты после термообработки

На форму, размер и положение отверстий и элементов могут существенно влиять термические напряжения. Часть может быть в пределах допуска на платформе. Однако, после термической обработки и удаления детали с платформы, значительные искажения могут быть появляться



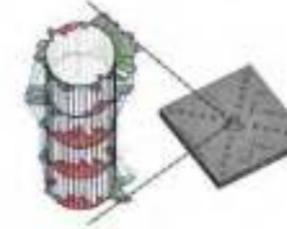
Ist-Wert
0.0531 mm

После печати



Ist-Wert
0.0457 mm

После терм.обаб.



Ist-Wert
0.0387 mm

После удаления

As built

| | Nominal size | Deviation | |
|----------------|--------------|-----------|--|
| TP 4mm ID +X.X | 60.000 | -0.019 | |
| TP 4mm ID +X.Y | 0.000 | 0.000 | |

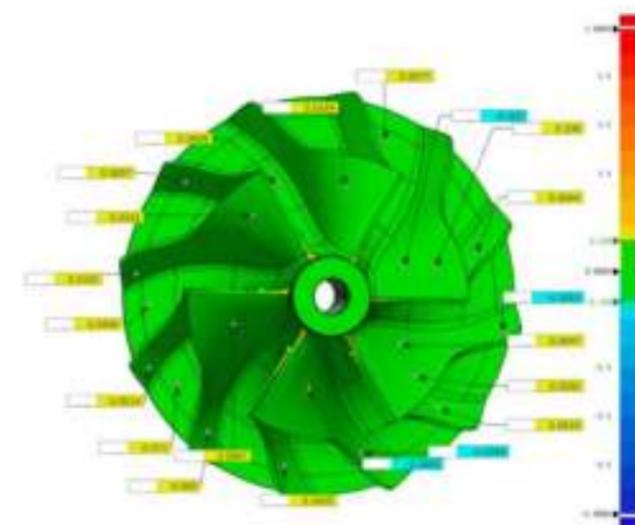
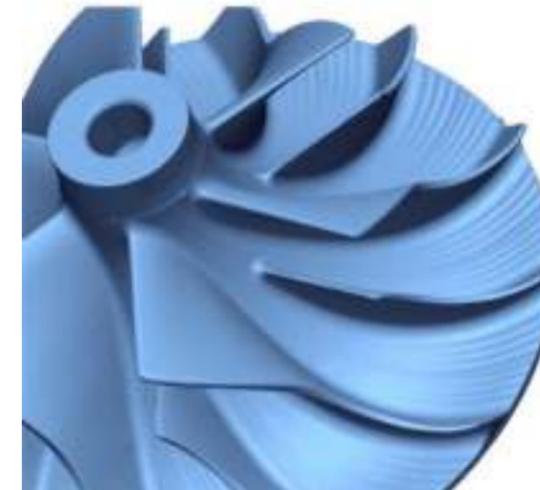
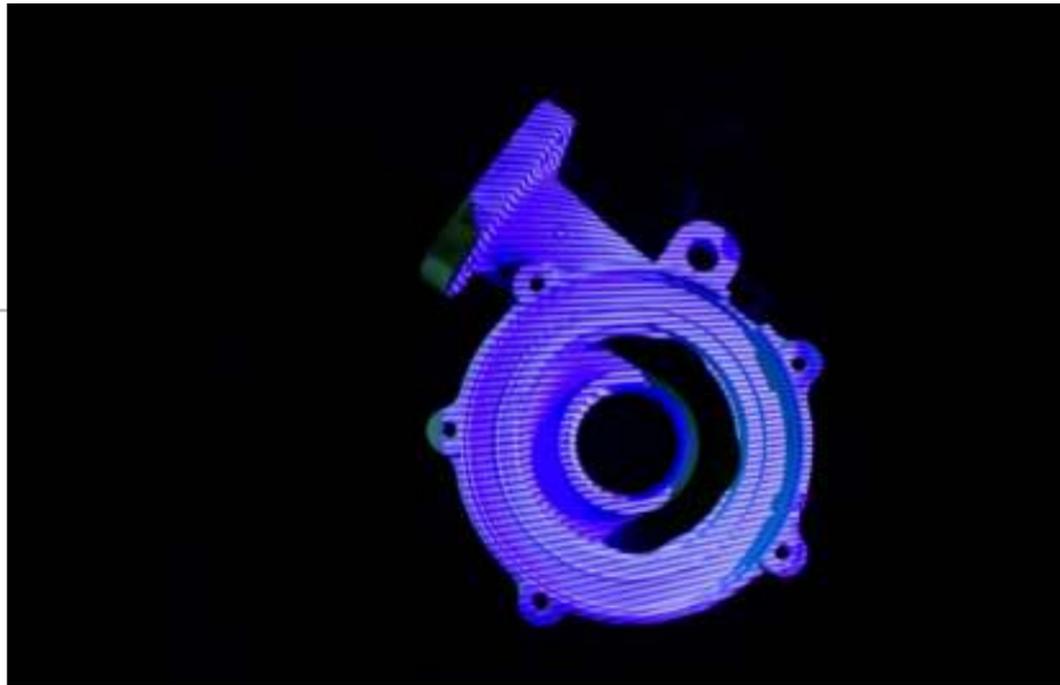
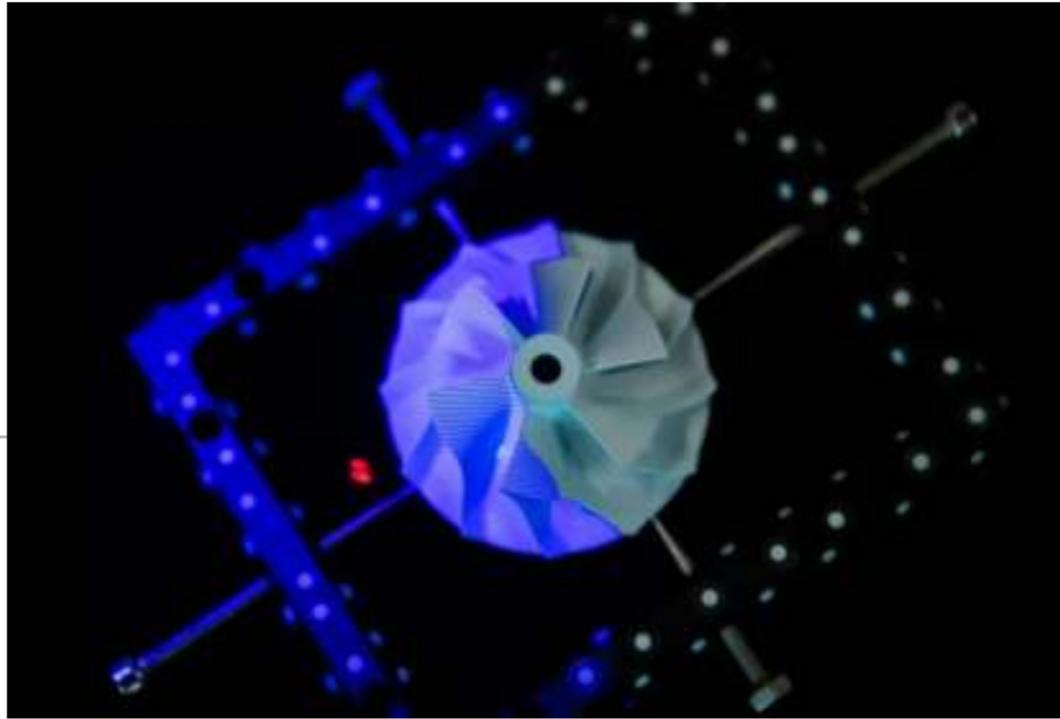
After heat treatment

| | Nominal size | Deviation | |
|----------------|--------------|-----------|--|
| TP 4mm ID +X.X | 60.000 | 0.074 | |
| TP 4mm ID +X.Y | 0.000 | 0.000 | |

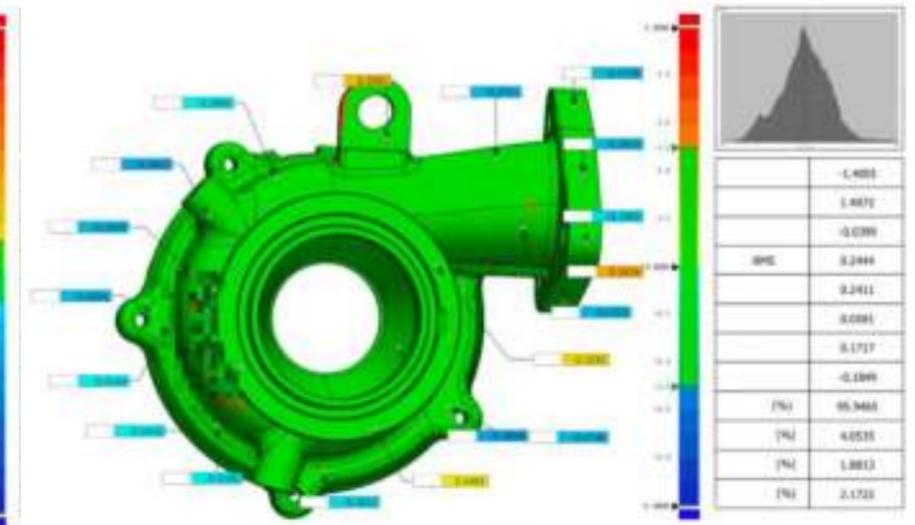
Removed from build plate

| | Nominal size | Deviation | |
|----------------|--------------|-----------|--|
| TP 4mm ID +X.X | 60.000 | -0.187 | |
| TP 4mm ID +X.Y | 0.000 | 0.000 | |

Анализ после печати, термическая обработка и удаление с подложки.



| Product Name | [Product Name] | Department | [Department] |
|--------------|----------------|------------|--------------|
| Part Name | [Part Name] | Inspector | [Inspector] |



| Product Name | [Product Name] | Department | [Department] | Date | Mar 10, 2020 |
|--------------|----------------|------------|--------------|------|--------------|
| Part Name | [Part Name] | Inspector | [Inspector] | Unit | mm |

Анализ внутренней структуры и дефектов



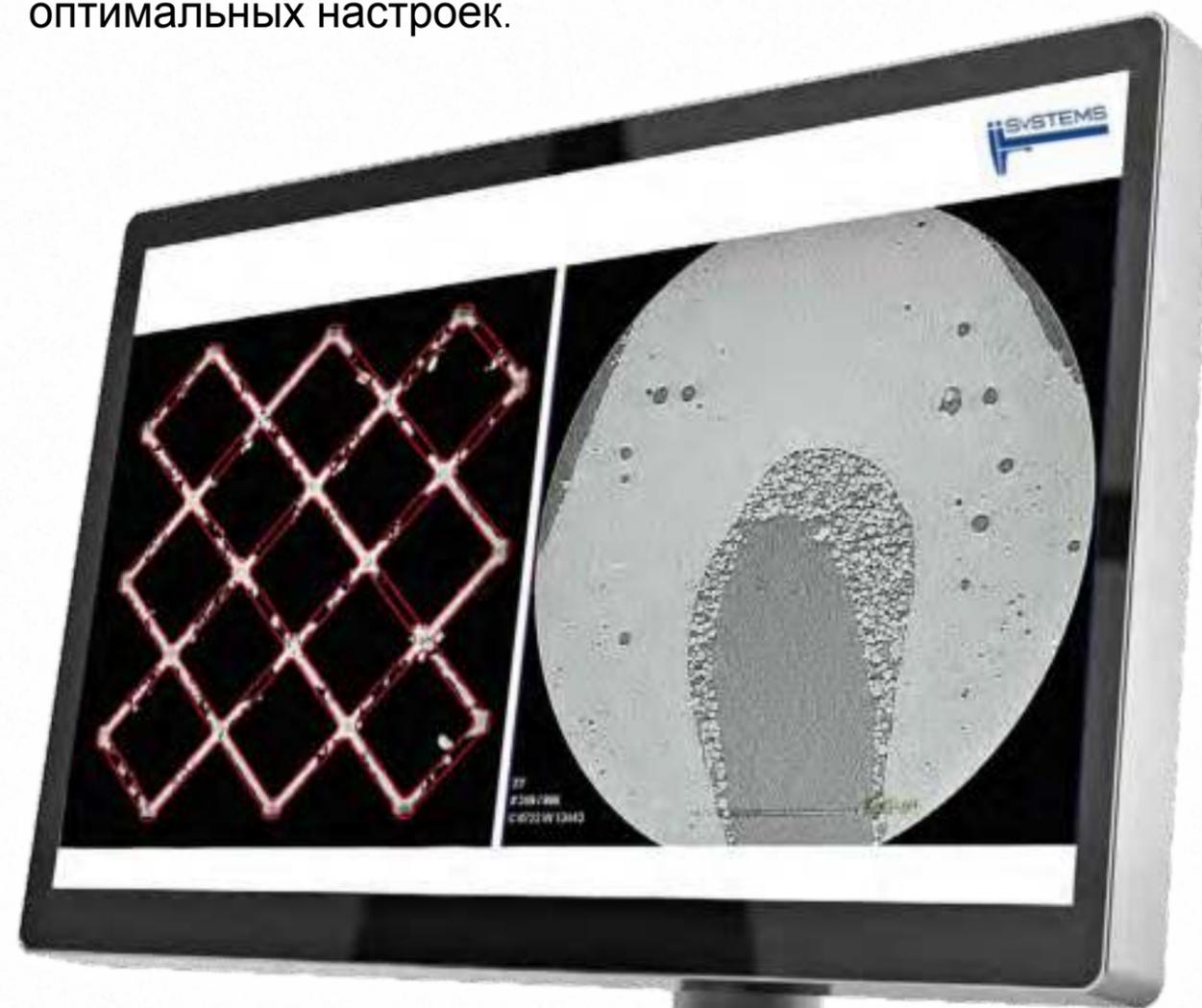
Качество порошка и то, как он распределяется в процессе сборки, может привести к образованию пустот или примесей материала в структуре. Проверка качества печати с большим количеством внутренних структур с помощью рентгеновской КТ высокого разрешения позволяет определить влияние технологических параметров и быстрее определить возможный путь достижения оптимальных настроек.



Световая микроскопия (LM)



X-ray Компьютерная томография (X-ray CT)



Анализ внутренней структуры и дефектов



Световая микроскопия(LM)

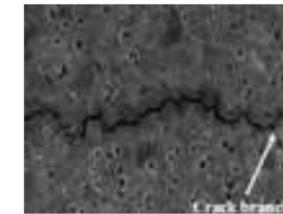
С помощью оптического микроскопа, можно получить большое увеличение поверхности детали, что позволяет лучше понять происхождение микротрещин и расслоений.



Микро трещины



Расслоение



Усталостная трещина

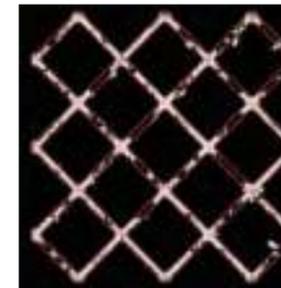


X-ray компьютерная томография (X-ray CT)

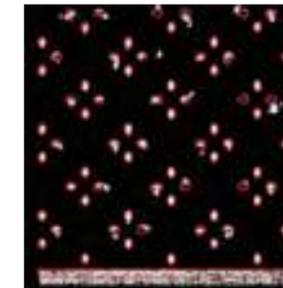
Аддитивное производство открывает двери для беспрецедентной свободы дизайна и позволяет создавать сложные внутренние структуры. Рентгеновская компьютерная томография с высоким разрешением позволяет получить уникальные изображения этих структур и проанализировать потенциальные дефекты печати.



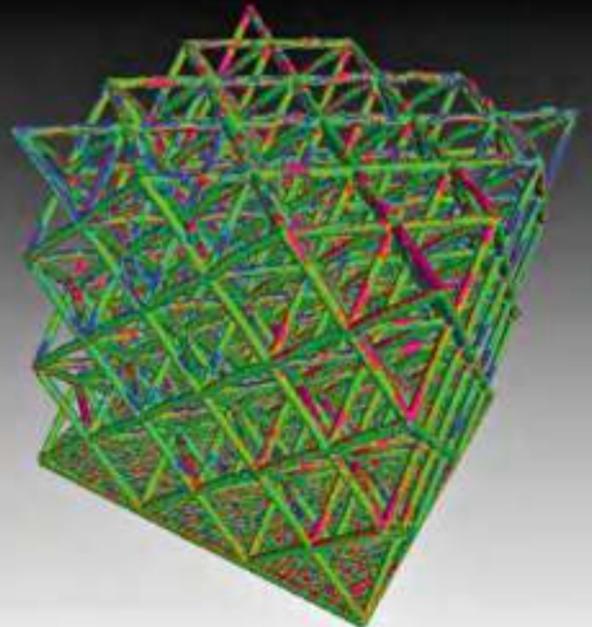
Кросс-секционный вид сбоку



Вид сверху в поперечном сечении



Вид узла



Внутренние дефекты

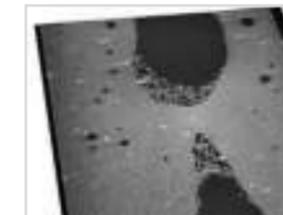
Рентгеновская компьютерная томография и метрология могут обеспечить уникальное представление о полноте сборки и существенно помочь оптимизации процесса 3D-печати. Сканированные изображения детали могут быть поперечно рассечены в любом направлении и сопоставлены с номинальным представлением САПР.



Изображение с воксельным разрешением 19 мкм используется для просмотра характеристик и пористости



Обнаружение неплавящихся частиц, высокозернистых включений и небольших пустот



Изображение с воксельным разрешением 3,0 мкм используется для просмотра мелких деталей



Анализ качества материала после печати.



Световая микроскопия (LM)

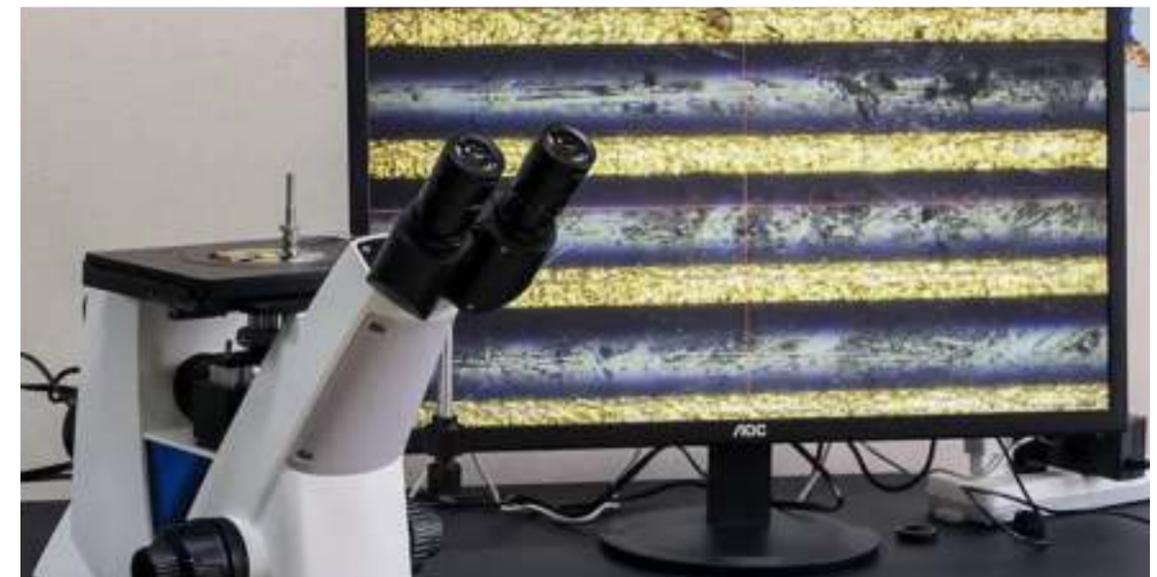
Процесс аддитивного производства, в отличие от классических методов производства, требует расплавления порошков во время сборки. Температура расплава и параметры процесса существенно влияют на кристаллографический состав и, как следствие, свойства деталей.



Сканирующий электронный микроскоп (SEM)



X-ray Компьютерная томография (X-ray CT)



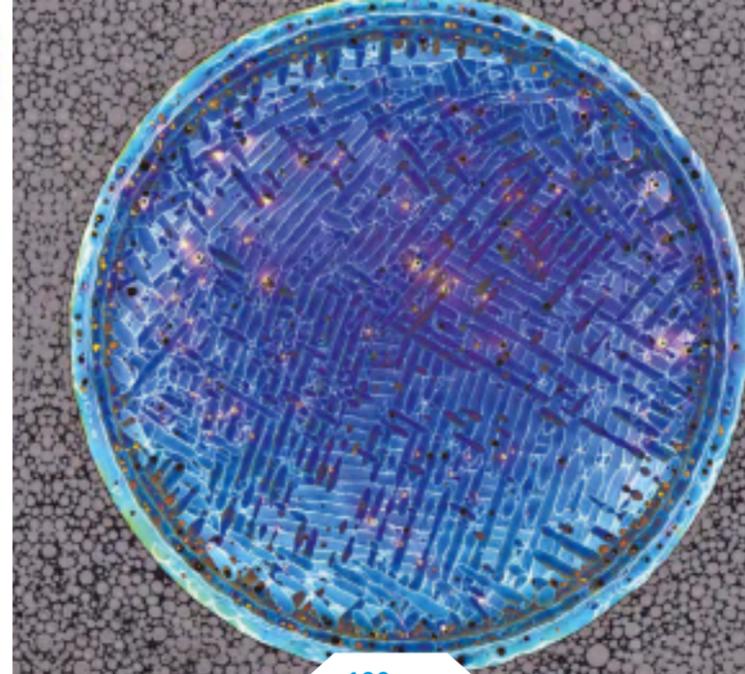
Анализ качества материала после печати.



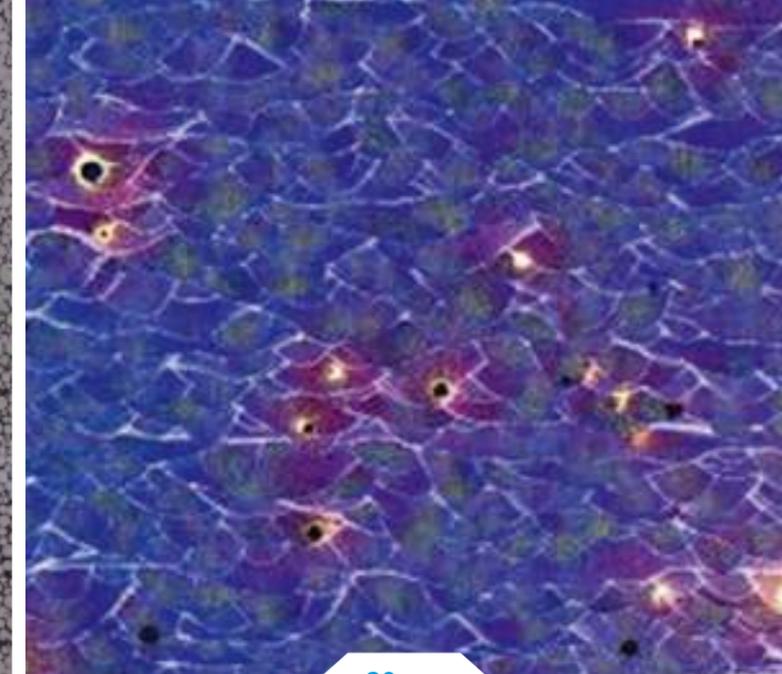
Световая микроскопия(LM)

Из - за нагрева аддитивно изготовленные детали обычно создаются короткими локализованными лазерными вспышками, создавая характерные паттерны, которые могут быть проанализированы с помощью оптических микроскопов.

> Световая микроскопия изображение металлического порошка Поперечное сечение AlSi10Mg поперечно и вдоль направления печати



100 μm



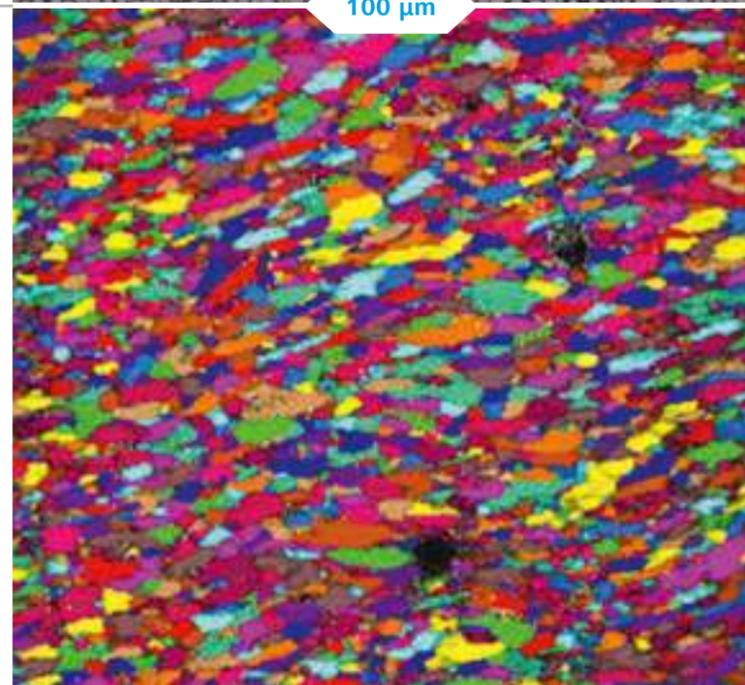
20 μm



Сканирующий электронный микроскоп (SEM)

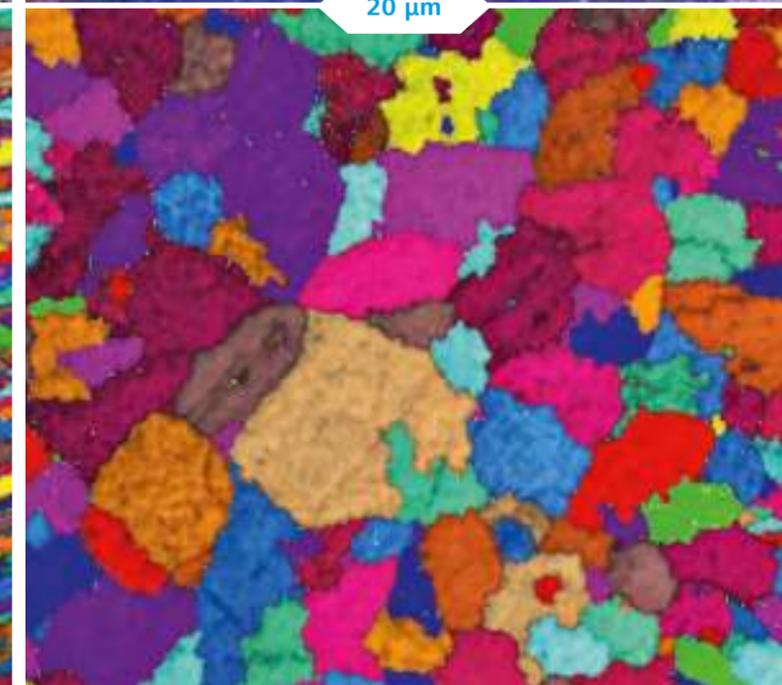
SEM с дифракцией обратного рассеивания электронов (EBSD) позволяют проводить микроструктурно-кристаллографическую характеристику и исследование кристаллических или поликристаллических материалов.

> Тот же пример SEM, EBSD



CONVENTIONAL

100 μm



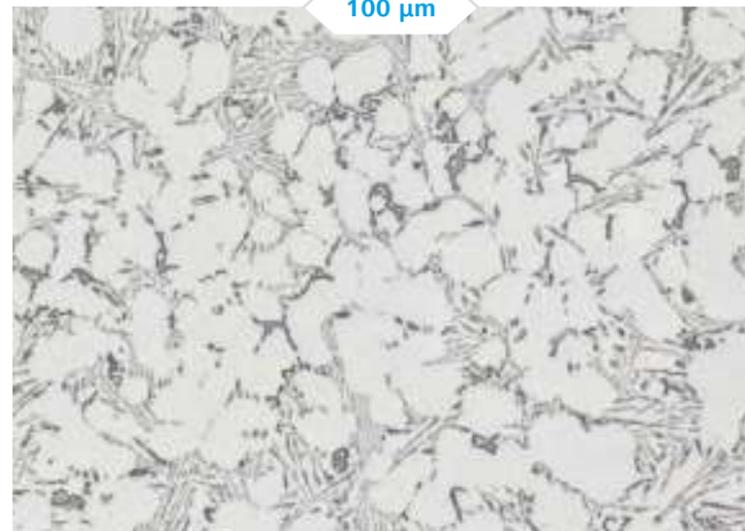
3D PRINTED

20 μm

Анализ структуры зерна

Один и тот же материал может напоминать совершенно разные кристаллографические структуры для традиционно производимого сырья и аддитивно изготовленной детали. Такая разница существенно повлияет на механические свойства готовой детали.

> Сравнение традиционный материал и материал для печати AlSi10Mg



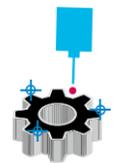
Проверка размеров и качества поверхности



Точность размеров и качество поверхности имеют решающее значение для обеспечения правильной сборки и последовательного сопряжения нескольких деталей. Качество поверхности может быть проанализировано оптическими и контактными методами, а внутренняя поверхность исследована с помощью рентгеновской КТ. Размерная точность конечной детали может быть определена с помощью Ким, контурографа оптического 3D-сканирования или с помощью рентгеновской КТ.



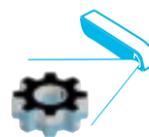
Световая микроскопия (LM)



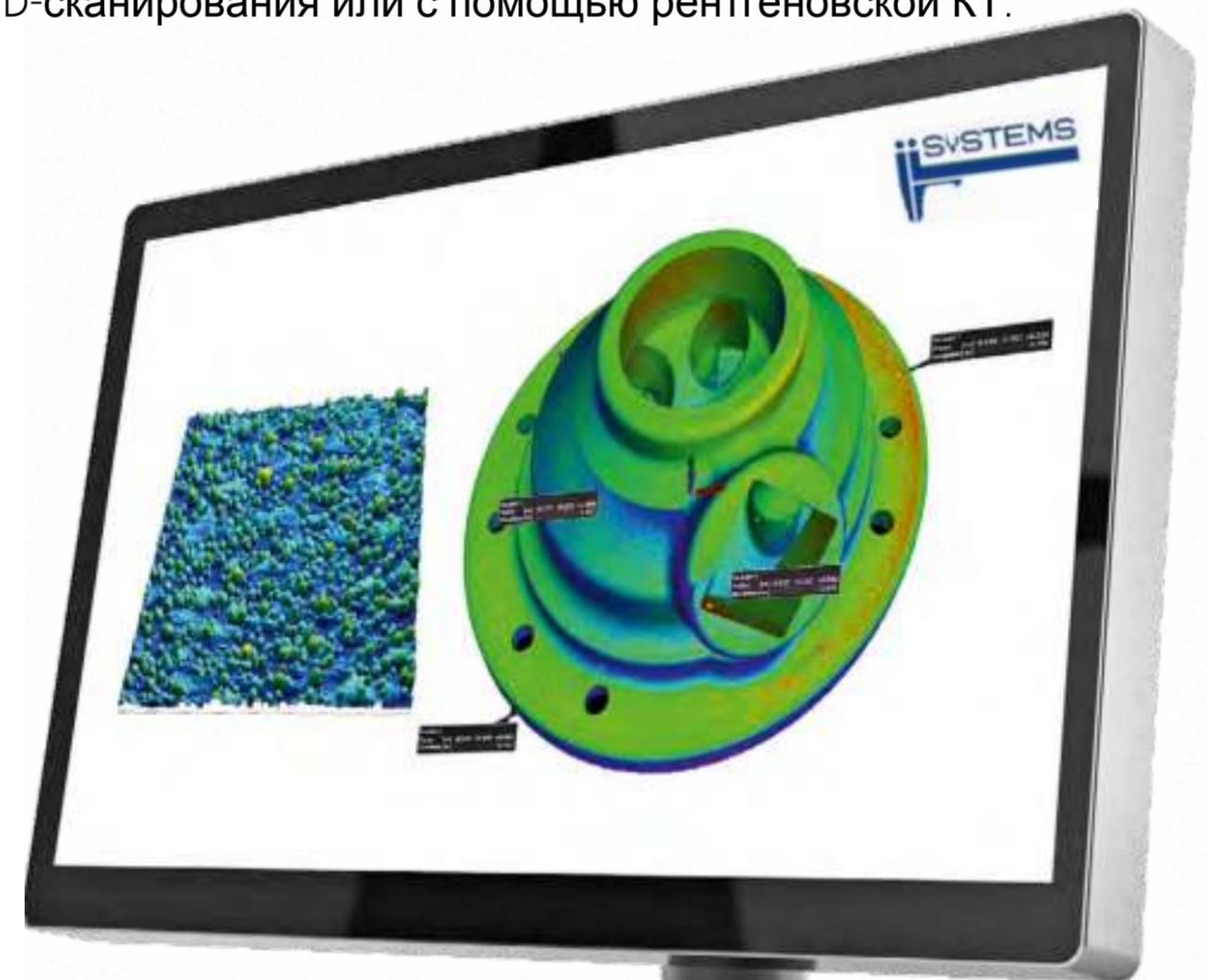
Координатно-измерительная машина (CMM)



X-ray Компьютерная томография (X-ray CT)



3D Сканирование



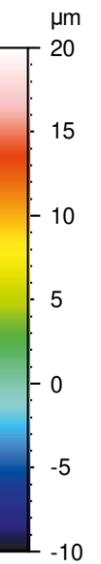
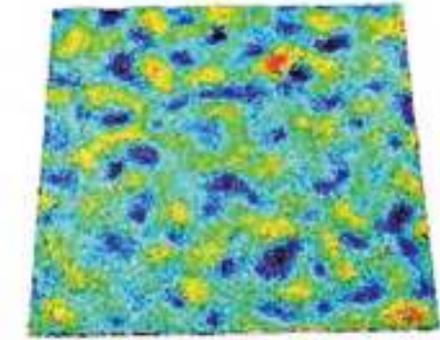
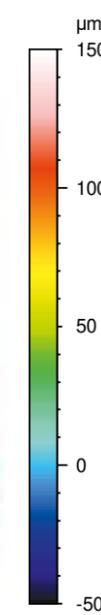
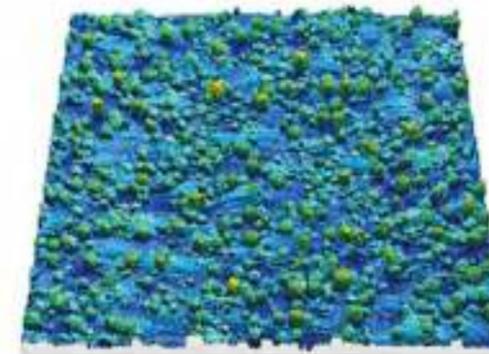
Оценка качества поверхности



Световая микроскопия(LM)

Качество поверхности определяет функциональное и визуальное качество детали. Оптические профилометры обеспечивают высокую плотность данных за относительно короткое время, позволяя получать детальные топографические карты интересующей поверхности.

> Анализ после печати часть с LM до и после пескоструйной обработки



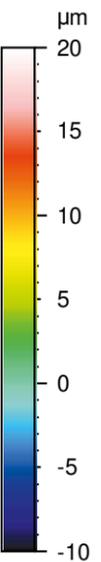
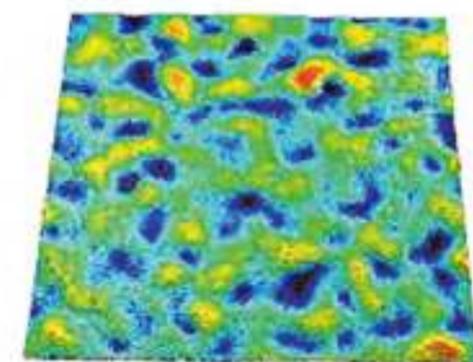
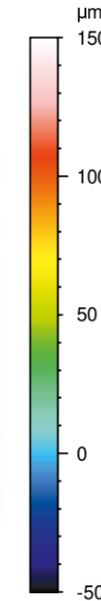
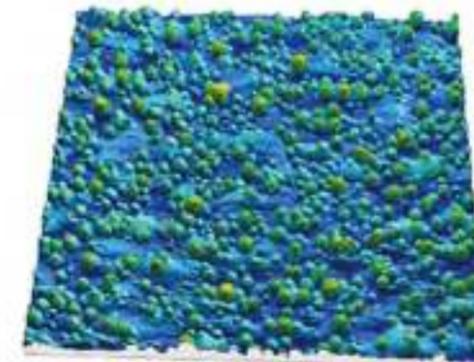
As built

After sand blasting



X-ray Компьютерная томография (X-ray CT)

Аддитивное производство позволяет создавать очень сложные внутренние поверхности, которые часто могут служить каналами, пропускающими газ или жидкость. Качество внутренней поверхности доступно только рентгеновской компьютерной томографии с высоким разрешением и является единственным способом получения анализа внутренней поверхности.



Качество поверхности

Шероховатость поверхности имеет решающее значение в отношении механических и визуальных качеств детали. Детали могут быть очень сложными со скрытыми внутренними структурами, которые недоступны. Возможность использования оптического или контактного профилометра и рентгеновской КТ высокого разрешения позволяет проводить детальный поверхностный анализ независимо от места нахождения поверхности.

> Сравнение поверхности результаты анализа, полученные с помощью LM и рентгеновской СТ

ISO 25178

Высота

| | ZEISS Xradia Versa | ZEISS Smartproof 5 | |
|-----|--------------------|--------------------|----|
| Sq | 15.1 | 14.8 | µm |
| Ssk | 0.700 | 0.776 | |
| Sku | 3.11 | 3.29 | µm |
| Sp | 66.9 | 71.3 | µm |
| Sv | 40.7 | 86.9 | µm |
| Sz | 108 | 158 | µm |
| Sa | 12.2 | 12.0 | µm |

ISO 25178

Высота

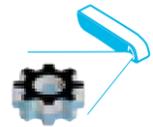
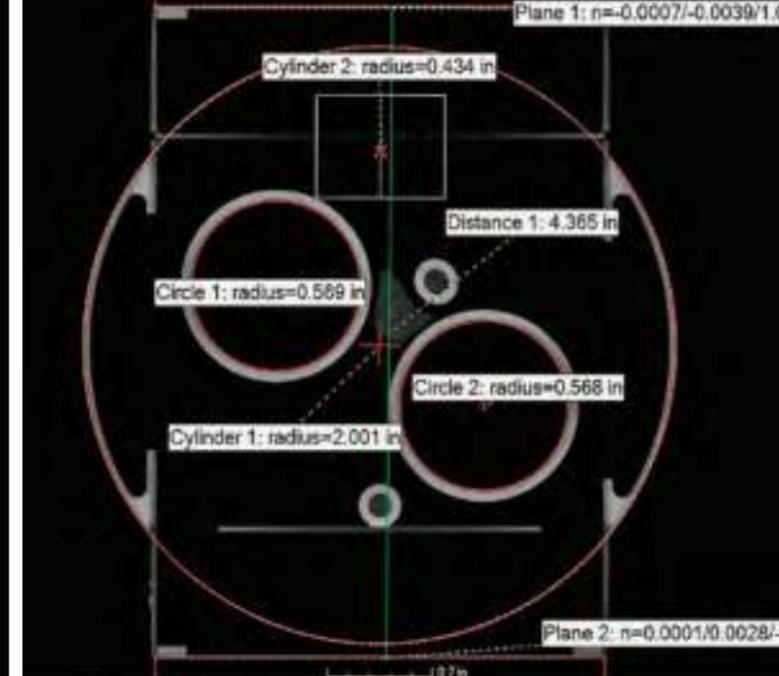
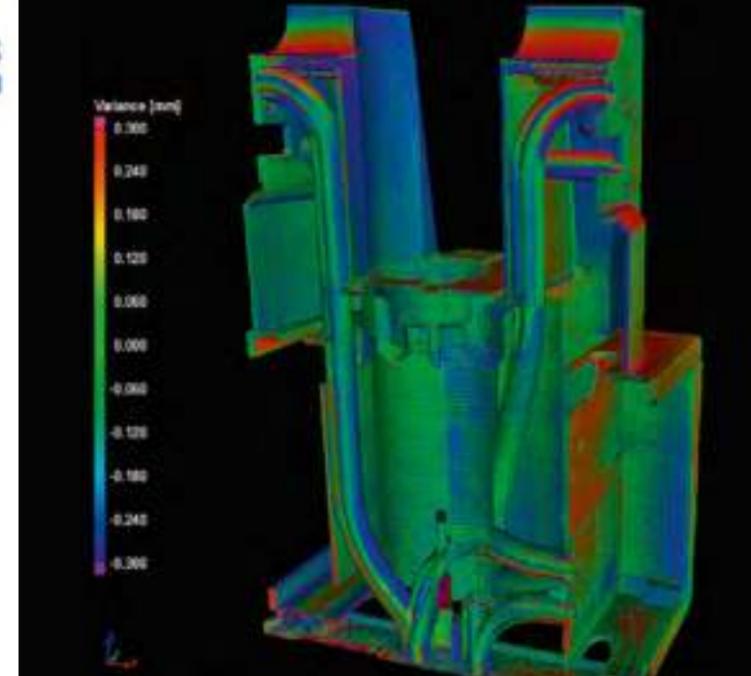
| | ZEISS Xradia Versa | ZEISS Smartproof 5 | |
|-----|--------------------|--------------------|----|
| Sq | 3.9 | 3.75 | µm |
| Ssk | -0.174 | -0.111 | |
| Sku | 3.52 | 3.57 | µm |
| Sp | 14.8 | 14.8 | µm |
| Sv | 26.4 | 23.8 | µm |
| Sz | 41.2 | 38.6 | µm |
| Sa | 3.06 | 2.93 | µm |

Проверка размеров



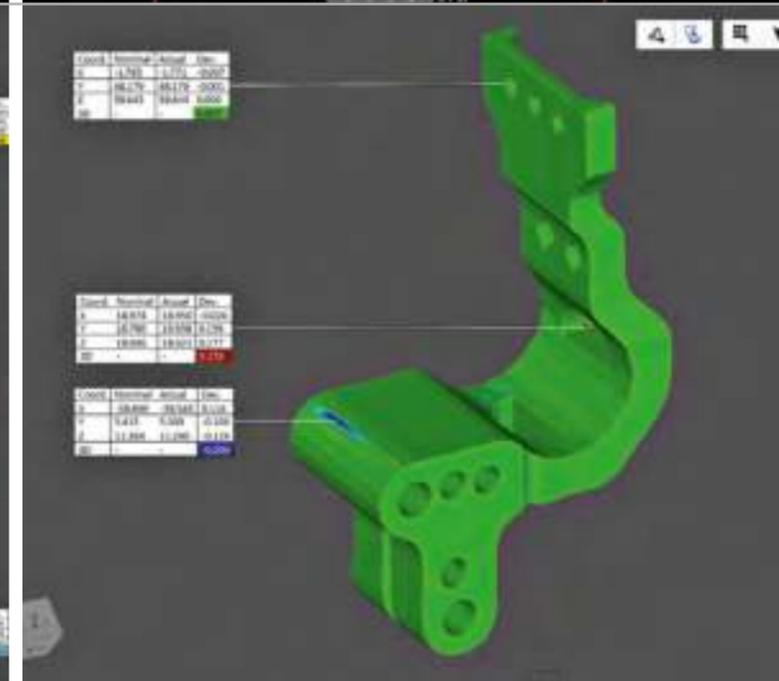
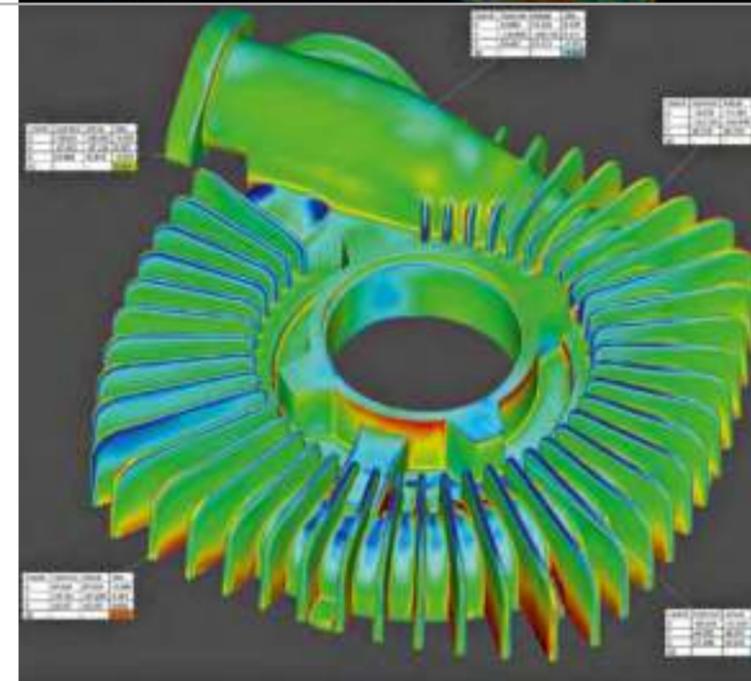
X-ray Компьютерная томография (X-ray CT)

Точность размеров аддитивно изготовленных деталей имеет решающее значение, поскольку она влияет на фактическую производительность системы. Учитывая чрезвычайную сложность этих деталей, рентгеновская компьютерная томография является единственным вариантом неразрушающей и точной метрологии сложных внутренних и внешних характеристик.



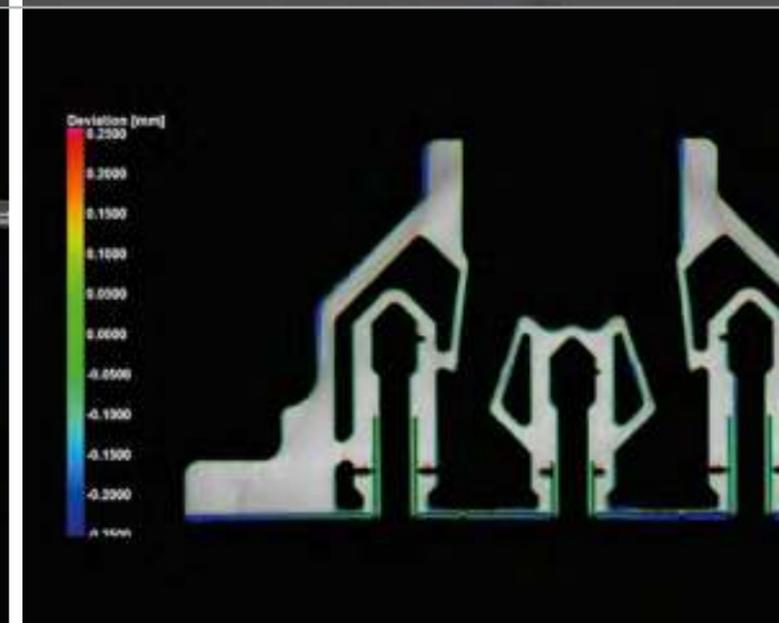
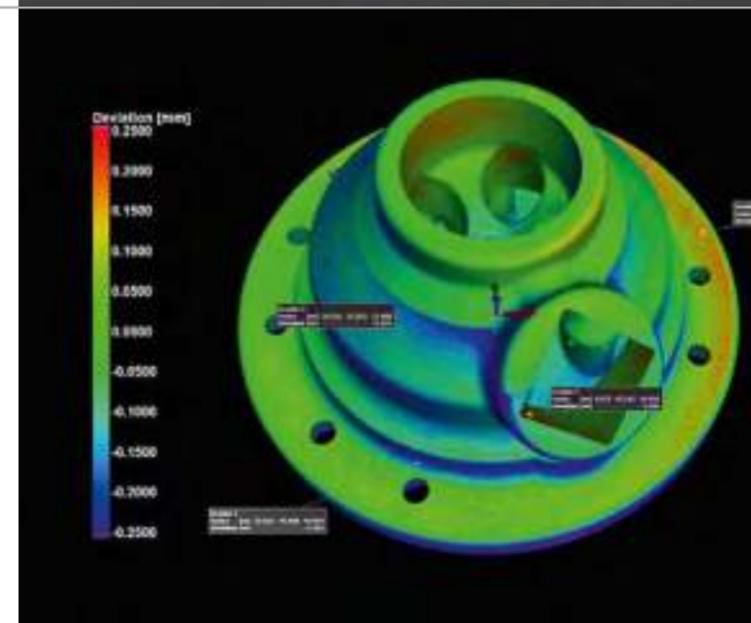
3D Сканирование

3D-сканирование предлагает альтернативу рентгеновской компьютерной томографии для деталей, которые не имеют сложных внутренних особенностей и чья внешняя форма, форма и размер представляют интерес.



Измерительная метрология

Печатные детали часто собираются в большие системы. Поэтому точность размеров так же важна, как и для деталей, изготовленных классическим способом. Возможность проверки критических размеров необходима для проверки качества сборки.



Оценка качества поверхности

HANDYSURF+ НОВИНКА

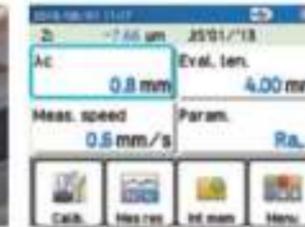


Непревзойденное удобство эксплуатации

2,4-дюймовый цветной ЖК-экран обеспечивает значительно лучшую видимость изображения. При этом 8 кнопок и новый пользовательский интерфейс делает управление прибором простым и интуитивно понятным.



Основной экран



Экран меню



Экран настройки измерительных параметров

Широкие аналитические возможности

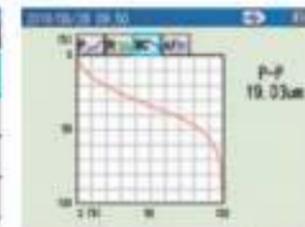
Графическое представление результатов измерений позволяет прямо на месте проводить их проверку с учетом параметров и формы волны. Кроме того, хотя данный прибор и является переносным, он способен выполнять различные виды анализа, включая анализ ВАС, АСВ, числа пиков и молисов. При этом если заранее задать условия, оценка ОКНГ может выполняться в автоматическом режиме.



Пример измерения шероховатости поверхности (Ra)

| | |
|-----|--------|
| Ra | 3.221 |
| Rz | 10.175 |
| Rt | 10.245 |
| RSm | 99.371 |

Пример оценки ОКНГ результатов измерений



Пример анализа ВАС



Пример анализа АСВ

SURFCOM TOUCH Основные функции

Интуитивно понятный и простой в использовании экран для настройки состояния, калибровки, измерения и анализа

Блок анализа с 7-дюймовым сенсорным экраном и кнопкой в сочетании с новым интерфейсом для более простой эксплуатации. Процесс эксплуатации не требует инструкции.

Экран управления параметрами



• Показывает уровень (Z) (уровень контакта иглы с деталью), а также позволяет проводить переключение по параметру (X) и вертикали (C). (Z отображается на всех моделях, X на TOUCH 100, C на TOUCH 60)

• С помощью кнопки переключить экран между параметрами, а также переключить по вертикали. (TOUCH 60 имеет переключатель вертикали, а TOUCH 100 — клавиатуру и кнопку переключения). Два способа переключения не влияют.

Экран задания условий измерения



Главный экран

| | | | |
|-------------------|-----------|----------------|---------------|
| Meas. type | Roughness | Calc. standard | JIS2001/2013 |
| Measurement speed | 0.3mm/s | Cutoff type | Gaussian |
| Ac | 0.8mm | Eval. length | 4.00mm |
| Form removal | Straight | Parameter | Pt, Ra, Rz... |

Control Conditions Parameter Calibration Result Selection

Экран выбора параметров измерения



Экран калибровки



Экран меню



• Позволяет выполнять такие настройки, как выбор языка, набора кнопок и управление звуком или экраном (200) яркости.

Экран элементов вывода



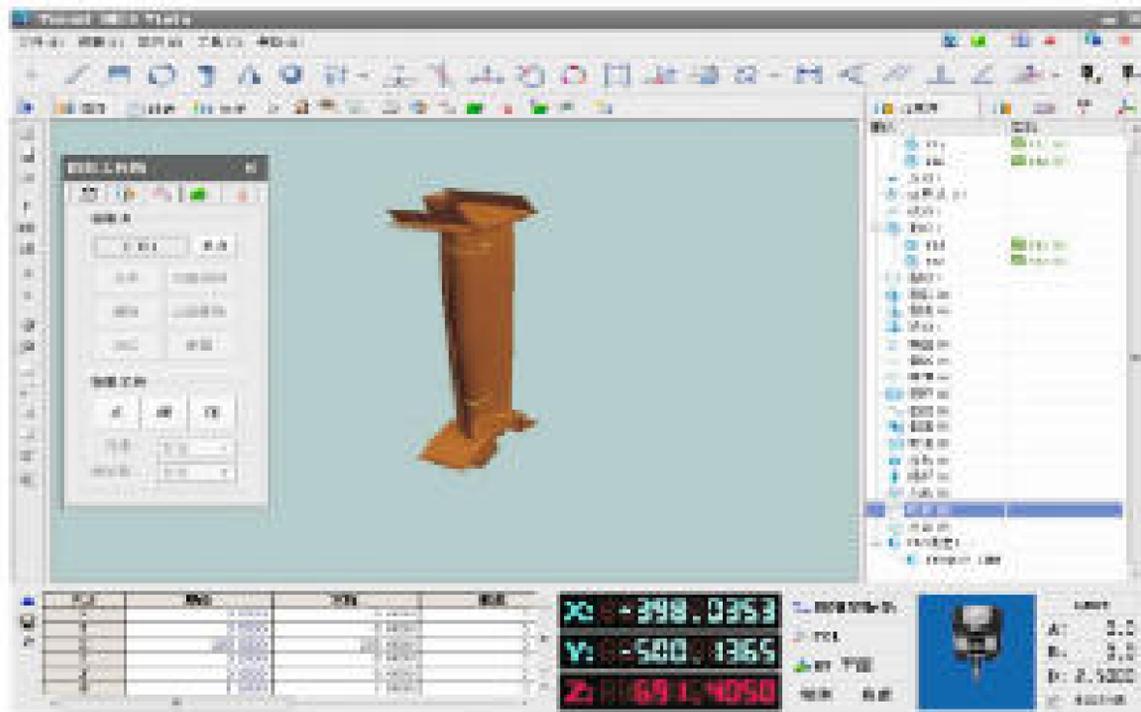
• Позволяет задать элементы для вывода на мобильный принтер, подключенный к SURFCOM TOUCH.

* Устройства серии TOUCH 60, 80, 100 и 150 не поддерживают функцию.

Экран результатов измерений

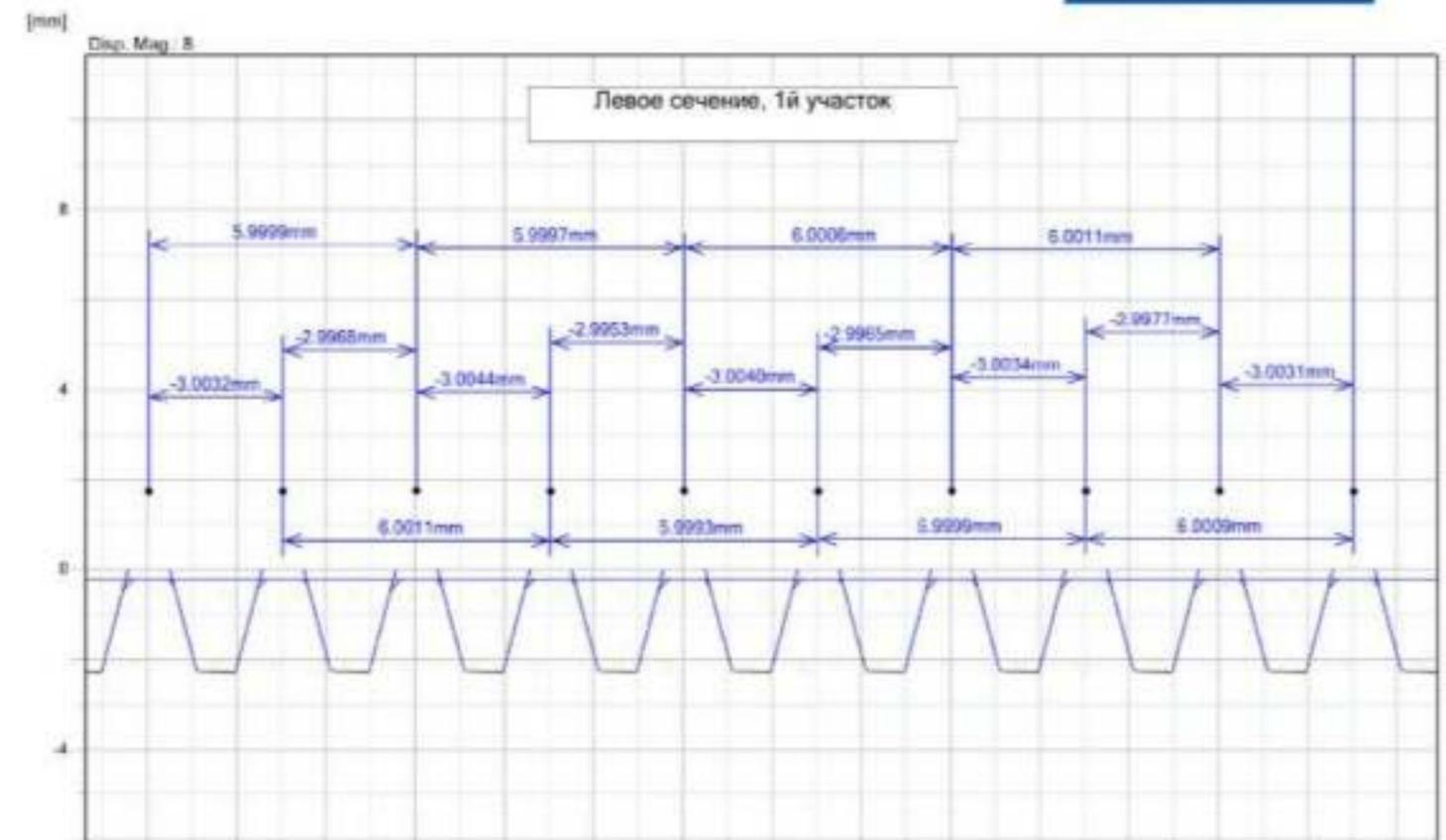


Проверка размеров и оценка качества поверхности



Контурограф-профилграф (SF&G)

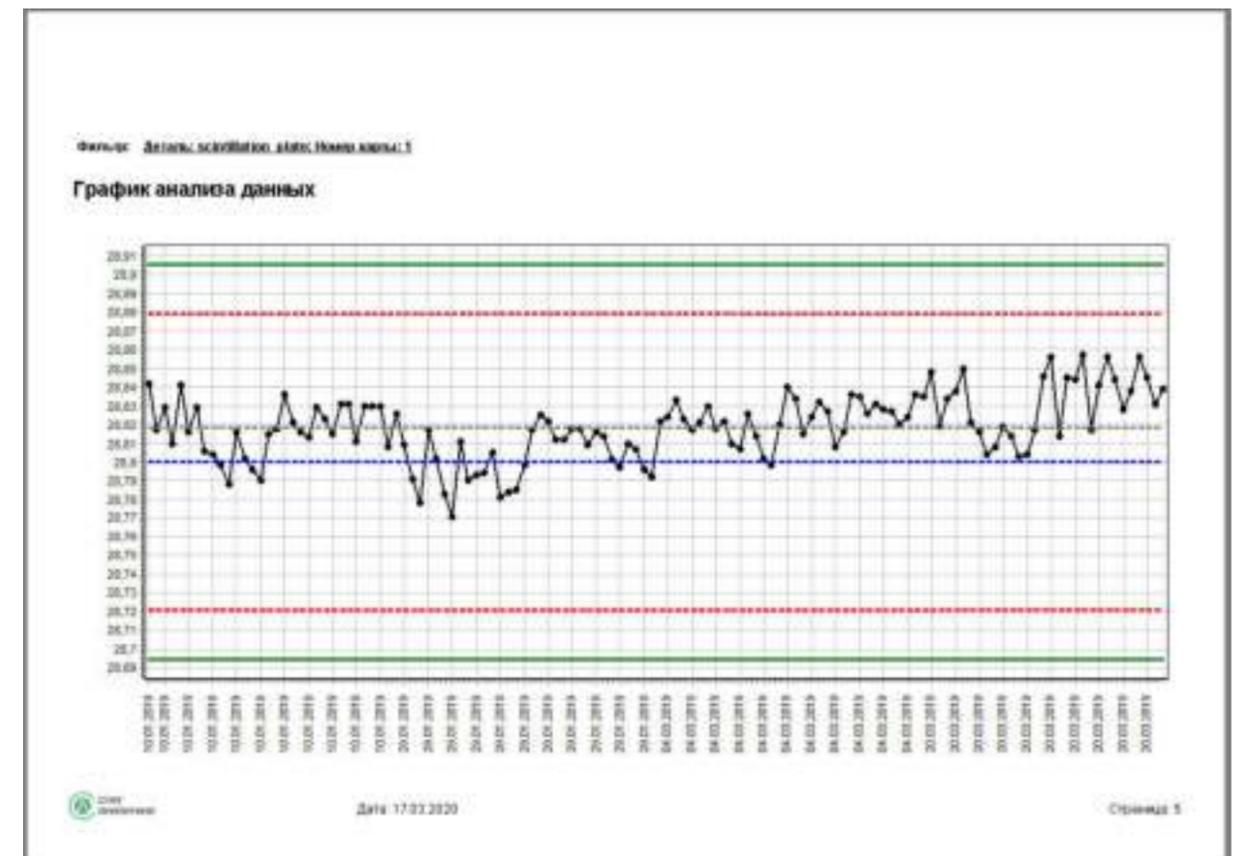
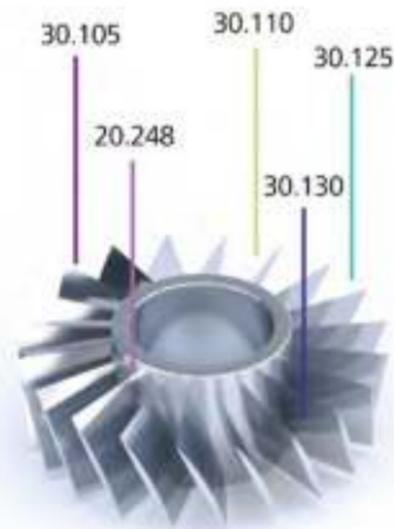
Координатно-измерительная машина(CMM)



Обработка данных Статистика и аналитика.



Сбор и анализ данных по всей технологической цепочке с помощью СтатАналитика обеспечивает глубокое понимание того, как изменения процесса могут коррелировать с различными физическими и материальными свойствами. Четкое визуальное представление и корреляция результатов на всех этапах процесса помогают быстро и более эффективно разрабатывать стратегии печати при одновременном повышении производительности.



Портфолио



Электронные микроскопы IIS



Световые микроскопы IIS



Томография



Контурографы



КИМ IIS



3D Сканеры IIS



ПО



Ампологов Максим Олегович
+79263784635
Ceo@ii-system.ru