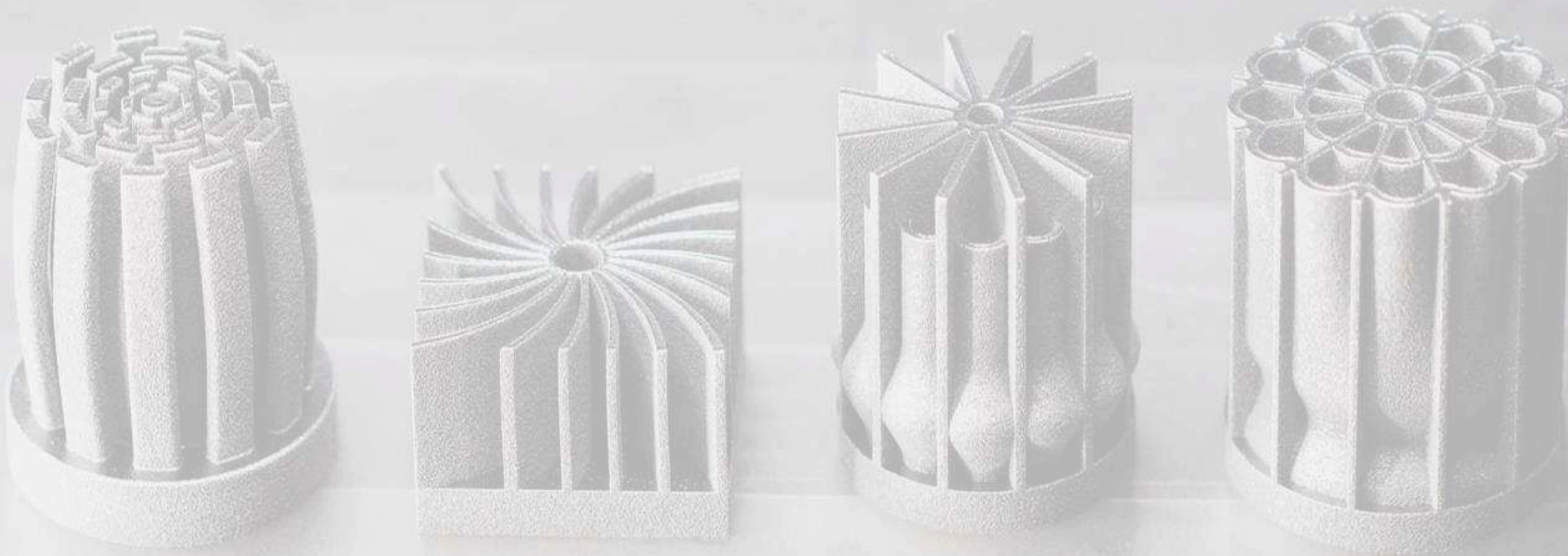


Исследования и разработка процесса изготовления изделий на основе титана ООО «РЕВЕРС ИНЖИНИРИНГ»

REVERSE-ENGINEERING.PRO



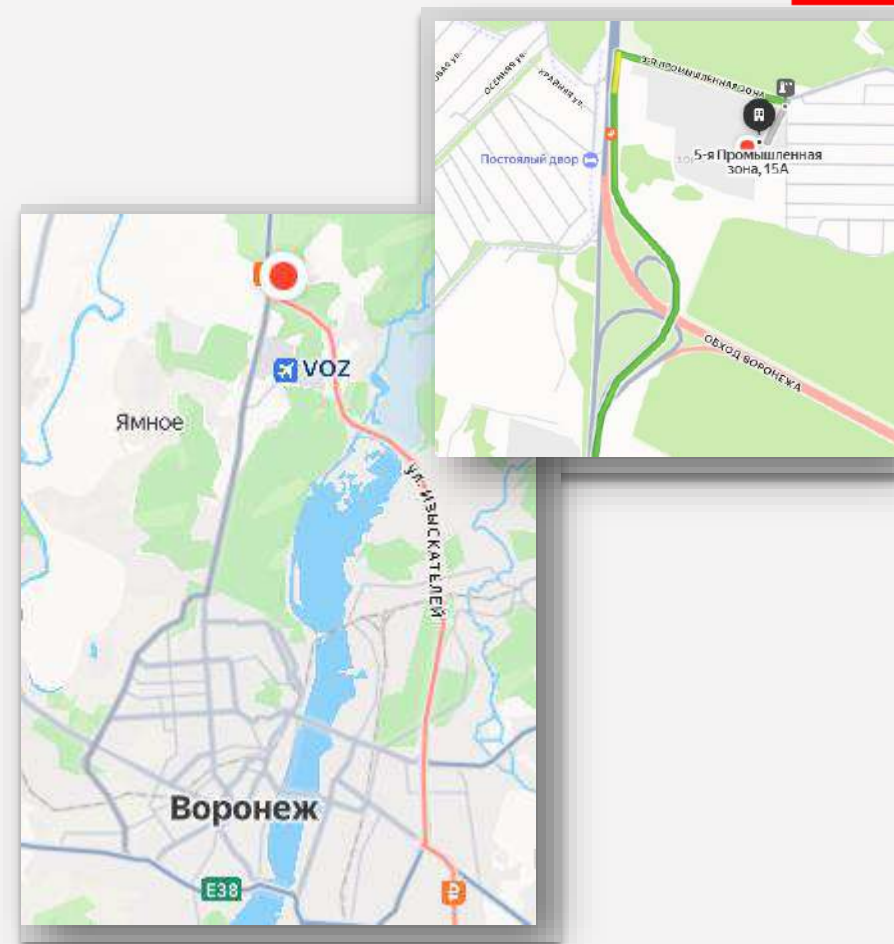
Горбач Илья Михайлович | gim@reverse-engineering.pro
Руководитель производственно-технического отдела

О КОМПАНИИ

REVERSE-ENGINEERING.PRO

ООО «РЕВЕРС ИНЖИНИРИНГ» — динамично развивающаяся компания, основанная в 2024 году. Команда состоит из инженеров с 15 летним опытом в сфере аддитивных технологий, которые обладают уникальными компетенциями в следующих направлениях:

- ✓ Изготовление изделий с применением аддитивных технологий, таких как: **SLM, SLS, SLA, FDM** и другие
- ✓ **3D-Сканирование**, реверс-инжиниринг и контроль геометрии
- ✓ **3D-Моделирование** и разработка рабочей конструкторской документации
- ✓ Выполнение **НИР, НИОКР и ОКР** с применением аддитивных технологий
- ✓ Реализация программ **технического перевооружения** машиностроительных предприятий с применением аддитивных технологий
- ✓ **Поставка** оборудования, расходных материалов и сервиса в сфере АТ
- ✓ Проведение комплексных **исследований**, отработка режимов печати и испытания полученных печатных образцов из различных материалов
- ✓ **Постобработка** печатных изделий (слесарная и на станках с ЧПУ)
- ✓ **Вакуумное литье** полимеров и воска



ООО «РЕВЕРС ИНЖИНИРИНГ»
ИНН/КПП 3665829185/366501001

SLM. ОБОРУДОВАНИЕ E-PLUS 3D EP-M300 DUAL / M400S DUAL



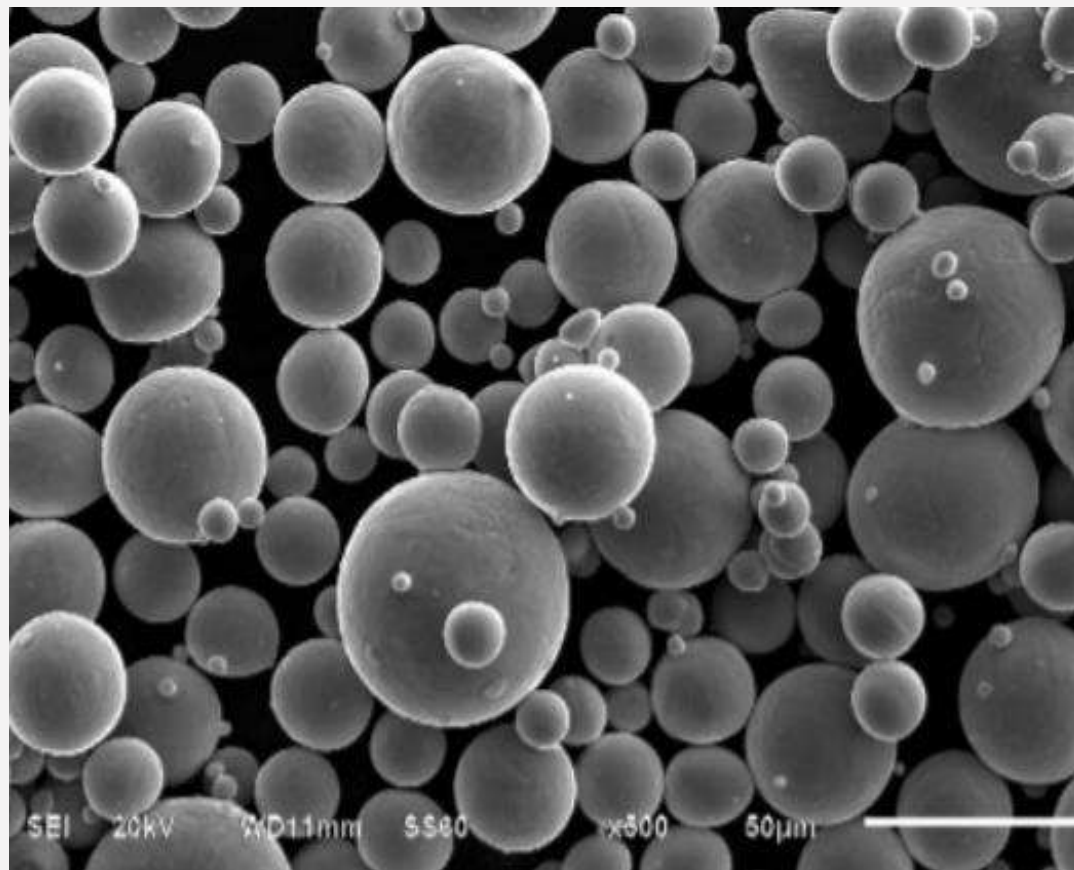
Характеристики	Значения
Производитель	Eplus3D
Страна производитель	Китай
Материалы	Металлический порошок 15-63 мкм (сталь, титановые, алюминиевые, медные, жаропрочные никелевые сплавы, сплавы CoCr, и др., в том числе материалы отечественного производства)
Мощность лазера / кол-во	2 волоконных лазера IPG
Сканатор	ScanLab, Германия
Область построения, полезная	300×300×400 мм 400×400×400 мм
ПО	EP Control, EPHatch
Размер лазерного пятна	70 - 120 мкм
Скорость печати	20-35 см ³ /ч (один лазер), 25-70 см ³ /ч (два лазера)
Скорость сканирования	8 м/с
Толщина слоя, мкм	20 - 120
Форматы файлов	*.stl, *.epi, *.cli, *.slc
Электропитание	380 В, 32А, 50/60 Гц, 5/8 кВт
Рабочая камера	300×300×450мм
Плотность напечатанных деталей	не хуже 99,9%
Инертная среда	Ar/N ₂

SLM. С КАКИМИ МАТЕРИАЛАМИ РАБОТАЕМ?

- ✓ **Inconel 718 (КИТАЙ)** дисперсионно-твердеющий никель-хромовый сплав, сочетающий высокую прочность, коррозионную стойкость и ударную вязкость. Сплав может выдерживать температуры, достигающие 850°C и более, сохраняя прочность. Работает в агрессивных средах, таких как морская вода, кислоты и щелочи. Устойчив к окислению. Требуется низких скоростей резания, точной обработки и интенсивного охлаждения. Плохо сваривается.
- ✓ **ВЖ-159 (РОССИЯ)** жаропрочный никелевый сплав, разработанный для работы в экстремальных температурных условиях (до 950 °C) аэрокосмическая промышленность (лопатки турбин, сопла ракетных двигателей, элементы камер сгорания), энергетика (компоненты газовых турбин, теплообменники для высокотемпературных сред), медицина (специализированные инструменты для работы в агрессивных средах), нефтегазовая отрасль (клапаны и насосы для скважин с экстремальными условиями)
- ✓ **316L (КИТАЙ)** нержавеющую сталь с основными легирующими элементами Cr, Ni и Mo. Сталь обладает отличной коррозионной стойкостью, термостойкостью и сопротивлением ползучести, широко применяется в пищевой и химической промышленности, а также для механических деталей, морского оборудования, мелких промышленных деталей, сложных труб и компонентов.
- ✓ **12X18H10T (РОССИЯ)** нержавеющая конструкционная криогенная коррозионно-стойкая сталь, можно использовать в самых разных условиях и средах. Сталь 12X18H10T не подвержена коррозии, отлично ведет себя в агрессивных условиях в растворах уксусной, фосфорной кислот, разбавленных щелочей, солей. Сохраняет свои характеристики в широком температурном диапазоне. Этот сплав полностью экологичен, безопасен для здоровья, благодаря чему с успехом используется в пищевой промышленности. Отлично сваривается различными способами, легко поддается механической обработке, что позволяет применять нержавейку при изготовлении металлоконструкций любого типа.
- ✓ **BT6/ Ti-6Al-4V (КИТАЙ, РОССИЯ)** обладает хорошей термической прочностью (может работать при 400 °C в течение длительного времени), термопластичностью, свариваемостью, коррозионной стойкостью и биосовместимостью. Является наиболее широко используемым титановым сплавом в аддитивном производстве для авиации, а также популярен для медицинского применения в стоматологии и производстве имплантов
- ✓ **PC-300/ AlSi10Mg (РОССИЯ)** является основным алюминиевым сплавом с хорошими литейными свойствами. Сплав обладает хорошей прочностью и пластичностью. Свойства равны или превосходят традиционные литейные сплавы (AK9, AK7) Al-Si. Выращенные детали можно обрабатывать так же, как и литые детали
- ✓ **17-4PH** мартенситная дисперсионно-твердеющая нержавеющая сталь. Процесс термической обработки, который повышает прочность и твердость материала без снижения его коррозионной стойкости. Магнитится.

Химический состав

Марка	Массовая доля элементов, %						
BT6	C	Si	Al	Fe	V	Ti	O
	0,07	0,08	5,9	0,45	4,1	ост	0,035



Основные преимущества:

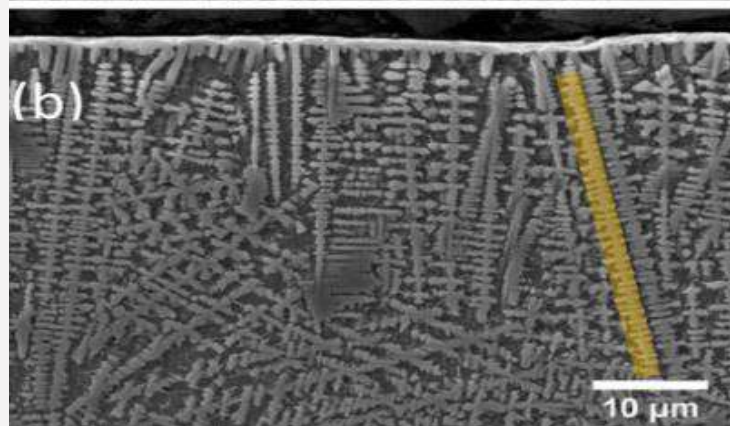
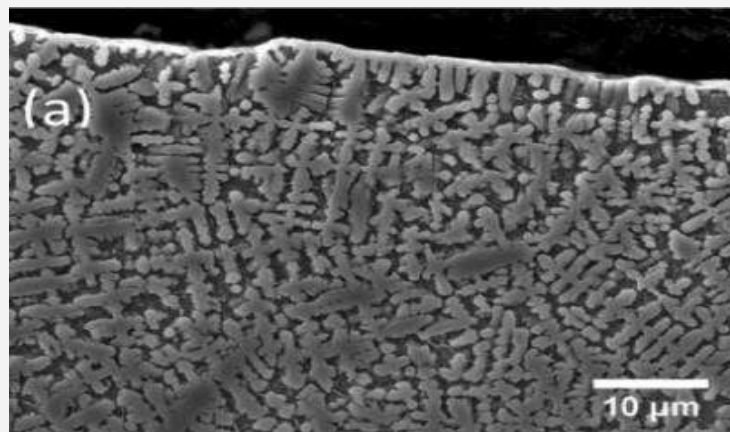
- ✓ Термическая прочность
(работает при 400°C в течение длительного времени)
- ✓ Термопластичность
- ✓ Свариваемость
- ✓ Коррозионная стойкость
- ✓ Биосовместимость
- ✓ Соотношение прочности и веса

Авиация!
Космос!
Медицина!

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ VT6



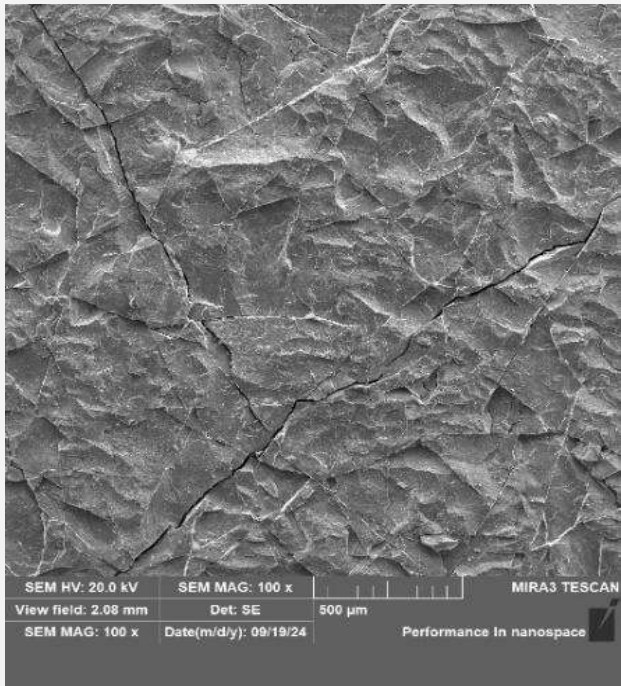
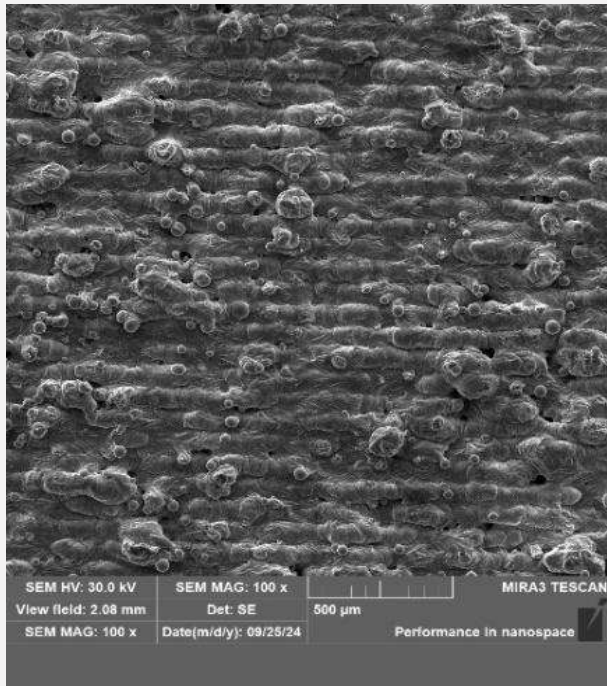
Газовое азотирование поверхностей VT6 было достигнуто во время лазерного сплавления порошка **путем замены** газовой среды аргона на азотосодержащую среду.



Систематическое изменение параметров обработки позволило сформировать:

- ✓ **микродендритные покрытия поверхности TiN и азотосодержащие слои** толщиной от нескольких микрон до нескольких сотен микрон
- ✓ Объемные доли микроструктуры **дендритов TiN** в диапазоне от 0,6 до 0,75
- ✓ Значения твердости микроиндентирования по Виккерсу в диапазоне от ~7,5 ГПа–9,5 ГПа

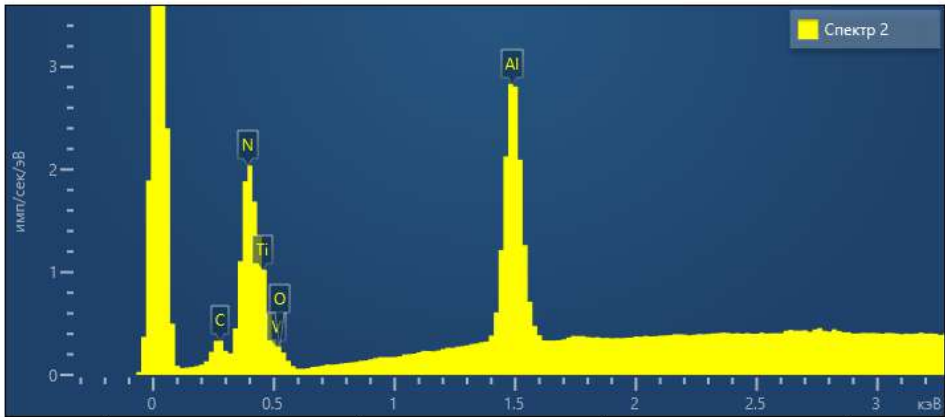
**Твердость
570 – 620 НВ**



- ✓ Разработка технологии выращивания нитридной металлокерамики на основе титана **требует** решения задачи **снижения термических напряжений** в материале при 3D-печати
- ✓ Высокий уровень этих напряжений приводит к растрескиванию и отрыву от подложки формируемых заготовок. Предварительные результаты **показали принципиальную возможность** получения решения

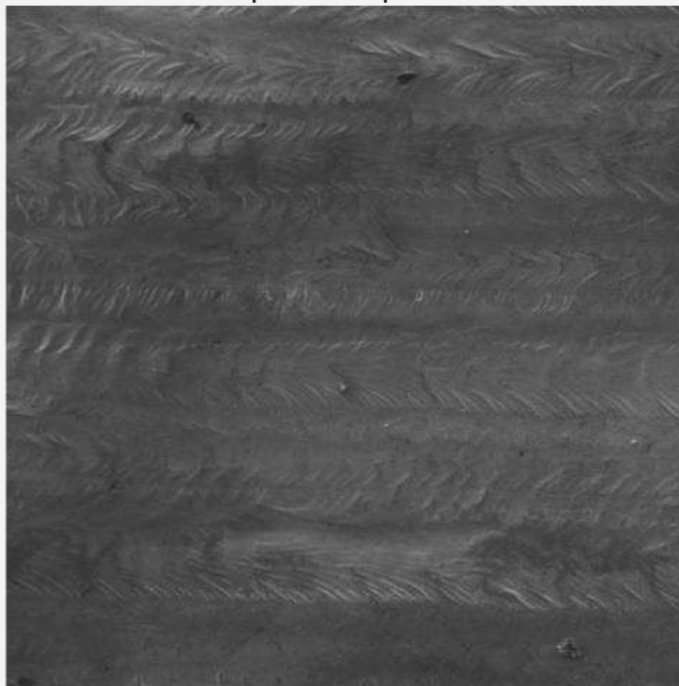
Серия опытов!

- ✓ Для получения нитридной фазы в достаточном количестве, одного цикла температурного воздействия на слой недостаточно из-за малого времени температурного воздействия.
- ✓ Атомная доля в диапазоне исследованных режимов достигает 2 %

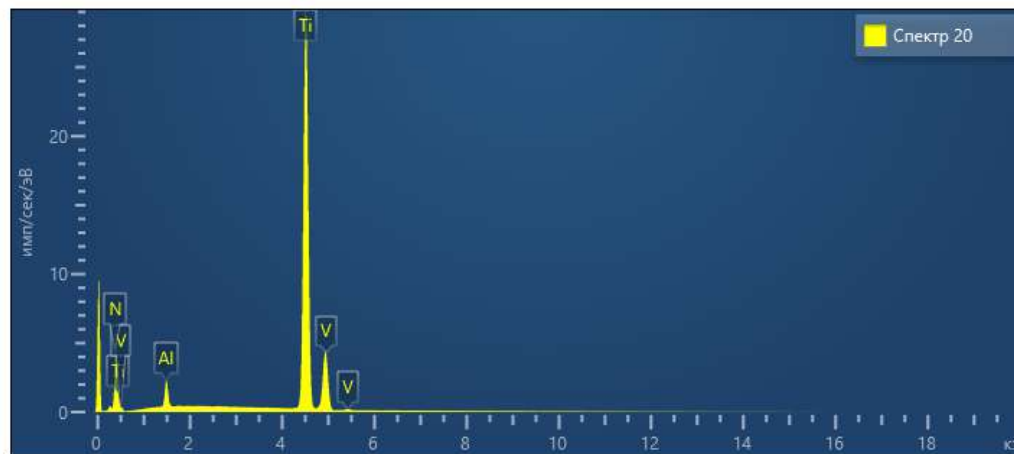


Спектр 2				
Элемент	Тип линии	Вес %	Сигма вес %	Атом. %
Al	K-серия	4.81	0.05	6.73
Ti	K-серия	80.67	0.58	63.58
V	K-серия	3.32	0.05	2.46
O	K-серия	8.81	0.60	20.79
N	K-серия	2.39	0.30	6.43
Всего		100.00		100.00

Электронное изображение 14



250µm



Спектр 20 Элемент	Тип линии	Вес %	Сигма вес %	Атом. %
Al	K-серия	2.77	0.04	3.62
Ti	K-серия	80.83	0.22	59.40
N	K-серия	14.08	0.22	35.37
V	K-серия	2.32	0.08	1.61
Всего		100.00		100.00

- ✓ После внесения корректировок в режим печати, отработки процесса изготовления серии образцов, был получен образец, в котором **атомная доля азота (N)** в диапазоне исследованных режимов достигает **14 - 16 %**
- ✓ Образование **трещин** в продольном сечении **не наблюдается**, но в поперечном сечении **могут возникать единичные трещины**. Решение данной проблемы лежит в основе образования термических напряжений в процессе печати. В настоящий момент проводятся комплексные исследования для решения этой задачи
- ✓ Полученный результат показал, что **содержание азота в металле** на прямую **зависит от** химического состава **атмосферы и режима печати**

SLM. ЧТО ИНТЕРЕСНОГО НАПЕЧАТАЛИ ?



Деталь

Корпус

Материал: 316L

Время печати: 22ч

Экономический эффект по сравнению с традиционной мехобработкой



Кастомный выхлоп

Материал PC300

Отсутствует возможность изготовить традиционной технологией в мелкосерийном производстве



Штамп

Материал: Сталь 17-4PH.

Имеются магнитные свойства.

Быстрая печать

SLM. ЧТО ИНТЕРЕСНОГО НАПЕЧАТАЛИ ?

Плунжер

Материал: 316L

Сложная деталь с точки зрения традиционных технологий и при этом интересная задача для АТ

Сложный корпус

Материал: 316L

Замена серийной позиции, которая была выполнена из материала с худшими свойствами и быстро выходила из строя



SLM. ЧТО ИНТЕРЕСНОГО НАПЕЧАТАЛИ ?



Фланцы Материал
PC300
Простые изделия.
Единичные изделия для
решения конкретной
точеной задачи



Кастомный выхлоп

Материал PC300
Простые изделия, но
максимально
отражающие
преимущества AT



Звездочка

Материал 316L
Отверстие с прямоугольным
пазом глухое и без радиусов
на дне. Сложная геометрия
для традиционной
технологии. Разный шаг
лепестков

Наименование услуги/ Технологии	Оборудование	Используемые материалы/Прочее
3D-печать SLM	E-Plus-3D EP-M300 Dual E-Plus-3D M400S Dual	Нержавеющая сталь 316 L (Китай) Алюминиевый сплав RS 300 (Россия) Жаропрочный сплав ВЖ 159 (Россия) Нержавеющая сталь 12X18H10T (Россия) Жаропрочный сплав Inconel 718 (Китай) Титановый сплав BT 6 (Россия)
3D-печать SLS	E-Plus-3D EP-P420	Полиамид и Полистирол
3D-печать FDM	Stratasys Fortus 900mc	ABS (Россия) и ABS-M30 (США, Израиль) ASA (США, Израиль) Поликарбонат PC (США, Израиль) Ultem 9085(США, Израиль)
	Bambu Lab H2D AMS Combo	PLA, ABS, PETG, TPU, ABS GF, TOTAL GF (Россия, Китай и др.)
3D-печать SLA	E-Plus 3D EP-A800 Bulltech A880	Смолы: термостойкие, прозрачные, гибкие, прочные
3D-сканирование	Rangevision Pro II Shining 3D FreeScan Combo	Аксессуары и расходники для 3D-сканирования
Реверс-инжиниринг / верификация / 3D-моделирование / КД	Рабочие станции (ПК)	Специализированное ПО
Вакуумное литье в силиконовые формы	MK System-2	Полиуретаны, имитирующие АБС, ПА, ПК, ПЭ, резину (50-70 Sh A), а также прозрачные и термостойкие (до 140°C)
Отработка оптимального режима сплавления на новые металлопорошковые композиции по технологии SLM	E-Plus-3D EP-M300 Dual E-Plus-3D M400S Dual	Давальческие материалы/закупка порошка. Фракция порошка 15-60 мкм
Услуги термообработки	SLZK1100-45 DMING-12AN-125	D400x500 мм, рабочая температура до 1000 С, 10 ⁻³ Па
		500x500x500 мм, рабочая температура до 1150 С, 10 Па
Электроэрозия проволочная	RG45	рабочая зона 450x550мм, максимальная толщина реза 400 мм

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!**

E-PLUS

METAL POWDER BED FUSION
EP-M300