

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МВЖ И SLM ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ МТРД

Докладчики: Киселев Павел, учредитель ООО «НПО «Керамет»
Алексеев Вячеслав, к.т.н., доцент каф. ТПД, директор ЦАТОД Самарского университета

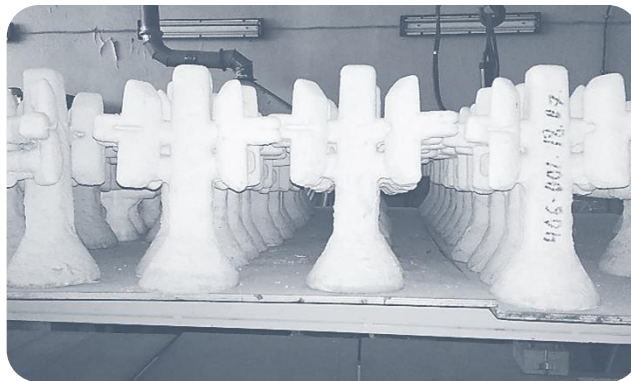


ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА METAL BINDER JETTING КАК ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ СЛОЖНЫХ ГЕОМЕТРИЙ МТРД

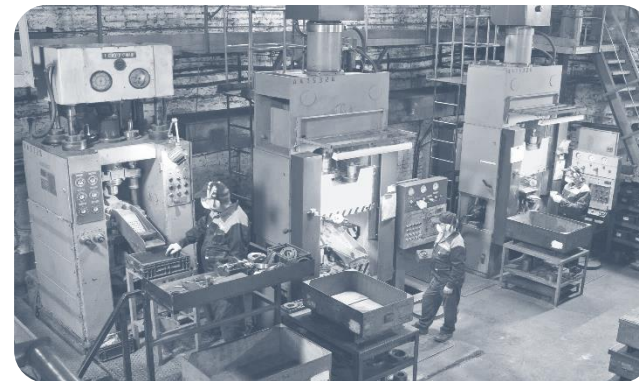
Мех. обработка



Литье



Порошковая металлургия



Вызовы:

Длительное время подготовки производства: 8-14 недель из-за сроков изготовления оснастки

Большие единовременные инженерные затраты на проектирование и изготовление инструментов или приспособлений

Индивидуальное программирование обработки для каждой детали и приспособления для постобработки значительно увеличивают время выполнения заказа и стоимость детали

Сложности:

Месяцы, чтобы наладить производственную линию

Меньше вариативность дизайна (ограничение при обработке)

Меньше оптимизации конструкции ради простоты производства

Для порошковой металлургии только большие количества могут быть оправданы для амортизации оснастки



СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЗД-ПЕЧАТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПОРОШКАМИ

Параметр/Метод	MBJ Metal Binder Jetting	SLM Selective Laser Melting	E-PBF (EBM) Electron Beam Powder Bed Fusion	DMLS Direct Metal Laser Sintering	L-DED Laser Directed Energy Deposition
Стоимость принтера, тыс. руб.	10 000 – 60 000	10 000 – 60 000	80 000 – 120 000	2 500 – 70 000	40 000 – 150 000
Требуется ли поддержки при печати	-	Ручное удаление	Ручное удаление	-	Необходимо учитывать опору на рабочем столе
Точность печати (разрешение), мм	±0,2	±0,2	±0,2	±0,1	±0,25-0,5
Наличие источника тепловой энергии	-	Лазер	Электронный луч	Лазер	Лазер
Атмосфера печати	Воздух	Инертный газ	Вакуум	Инертный газ	Инертный газ
Скорость построения, см³/час	до 1500	до 25	до 80	до 20	до 300

MBJ- струйное нанесение связующего;

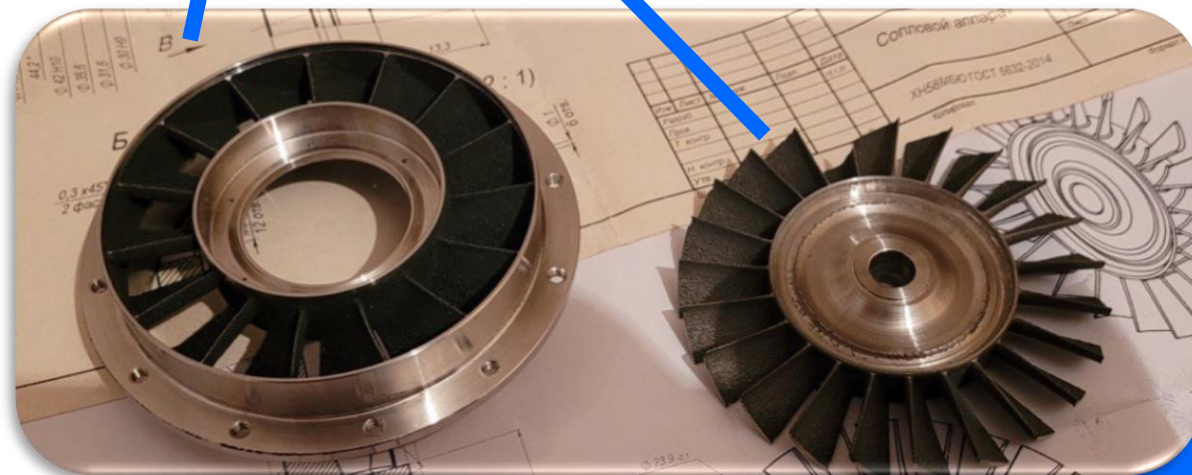
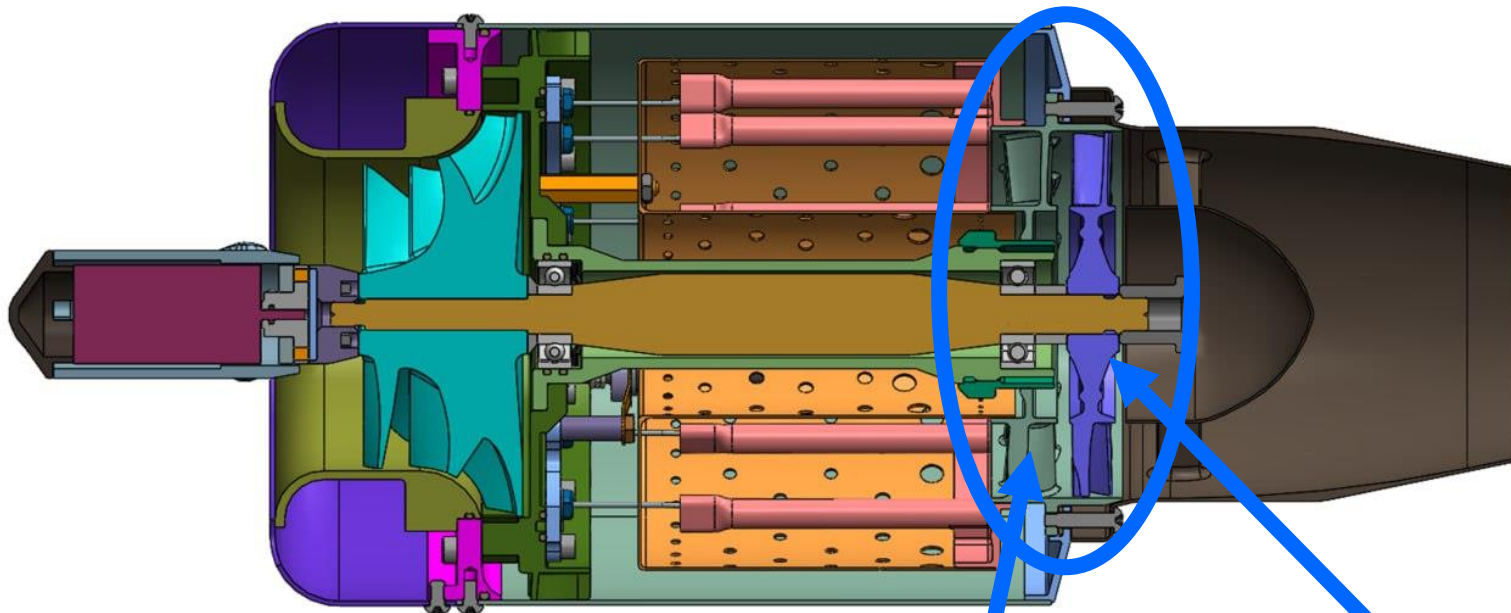
SLM - послойное лазерное плавление металлического порошка;

E-PBF – электронно-лучевое плавление;

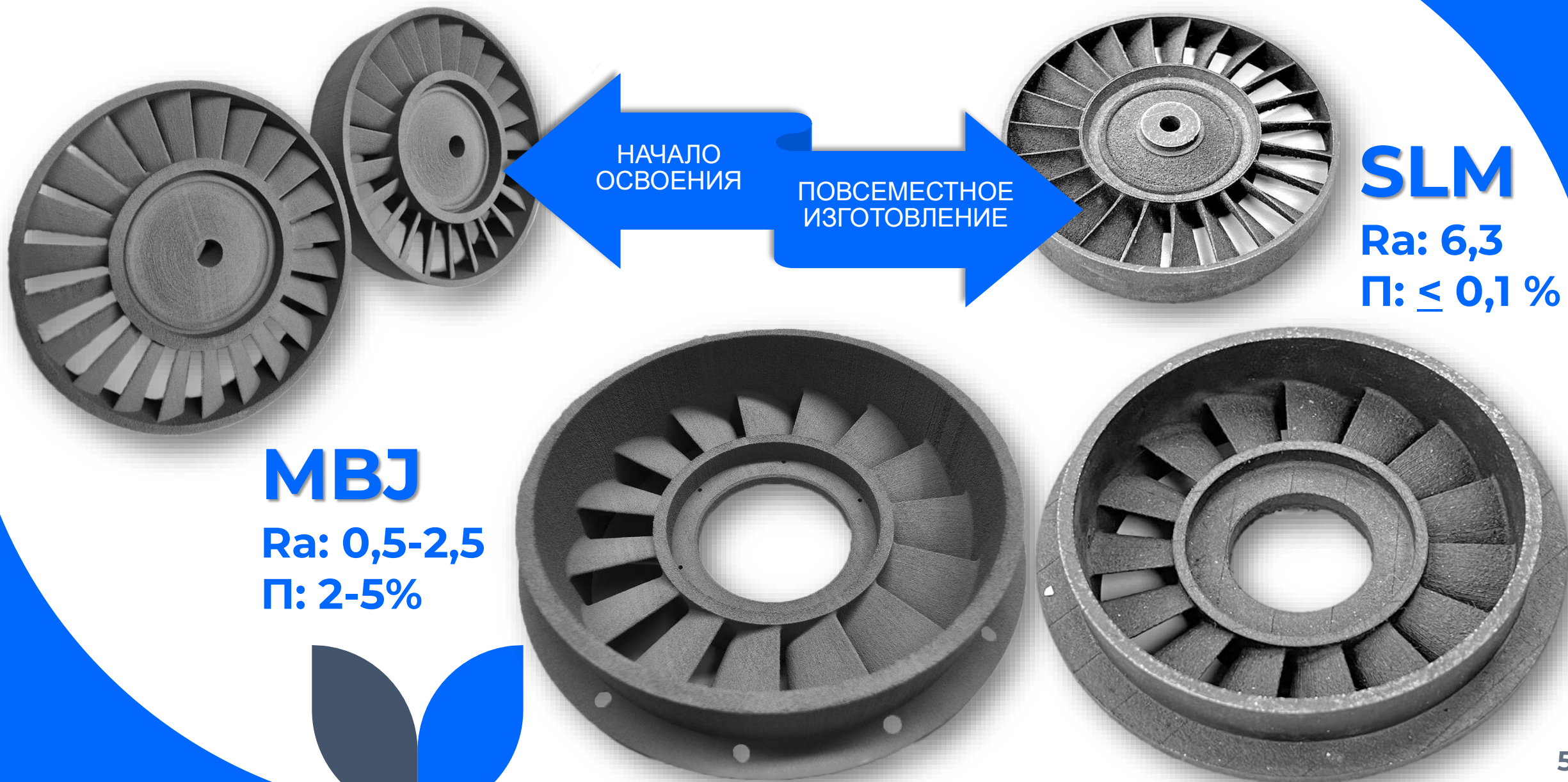
L-DED (P) - осаждение газопорошковой струи в среде инертного газа;

DMLS - послойное лазерное спекание металлического порошка

ЦЕЛЕВОЕ ИЗДЕЛИЕ



СРАВНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ MBJ И SLM



СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИКИ MBJ И SLM

Опытные сплавы/стоимость изделия	Рабочее колесо турбины MBJ/SLM, руб	Сопловой аппарат MBJ/SLM, руб	Итого стоимость ступени MBJ/SLM, руб
ВЖ-159	10 980/ 21 000	11 650/36 000	22 630/57 000
ASTM F75	10 870/-	11 500/-	22 370/-
Inconel 625	10 920/18 000	11 375/ 31 000	22 295/49 000
Inconel 713C	11 915/-	14 670/-	26 585/-
Inconel 718	10 965/20 000	11 435/35 000	22 400/55 000

Турбинное колесо двигателя турбины, внешний диаметр Inconel 713C 54 мм/66 мм/70 мм/91,5 мм для W54/KJ66/GR180, большая настройка количества

★★★★★ 5,0 5 отзывов 14 купили

[Характеристики](#) [Описание](#)

Цвет: OD 70mm



Название брендаJea.Love

ПроисхождениеКитай

МатериалМеталл

15 737 ₹

~~16 741 ₹~~ -6%

Осталось 98 шт.

Цена за 1 штуку

В корзину

2-6 февраля в пункт

7-24 февраля почтой

20-26 февраля курьером

Вернём деньги, если не получите заказ через 75 дней после отправки.



Упорный турбореактивный двигатель 18 кг, материал NGV, инконель 718, турбинное колесо GR180, детали для радиоуправления «сделай сам»

1 купили [Характеристики](#) [Описание](#)

Цвет: NGV



Название брендаJea.Love

ПроисхождениеКитай

МатериалКомпозитный материал

СертификацияFEDOTEST (CE)

17 799 ₹

~~19 776 ₹~~ -10%

Осталось 19 шт.

Цена за 1 штуку

В корзину

Купить сейчас

20-26 февраля курьером

648 ₹

4-21 февраля почтой

859 ₹

Вернём деньги, если не получите заказ через 75 дней после отправки.

СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИКИ МВЖ И SLM

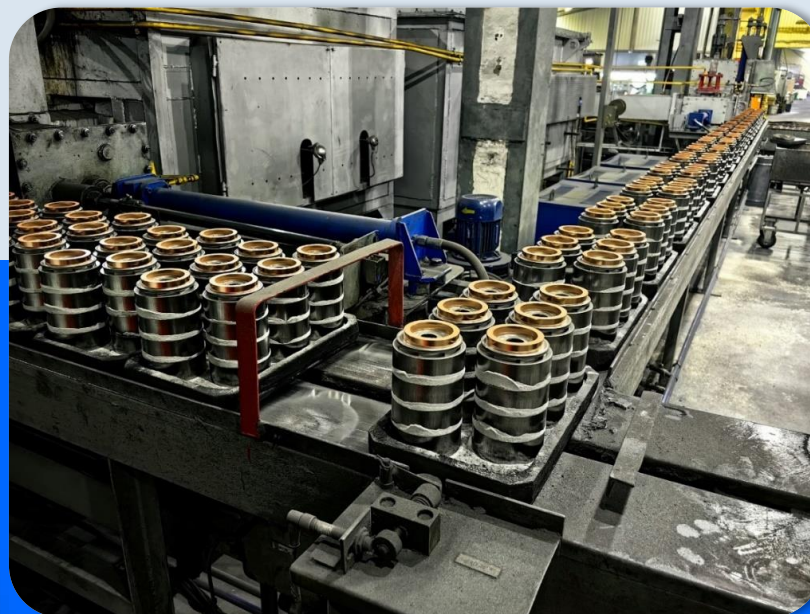
Стоимость порошков, руб/кг (6	МВЖ (25 мкм)	SLM (20-63 мкм)
ВЖ-159	4230	20 000
ASTM F75	3950	-
Inconel 625	2450	15 000
Inconel 713C	5000	-
Inconel 718	2560	12 000
ТРУДОЕМКОСТЬ		
Механическая обработка (эрозия, токарная, пескоструй)	3815-4450 (нормо-час 2500 руб)	4500
Затрачиваемое время на 1 изделие	110 мин	90 мин
Кол-во деталей в садке (рабочее колесо)	380 (принтер) 6 (в лодке печи)	16
Время печати, ч Спекания (МВЖ)	Рабочее колесо (6 шт) Сопловой аппарат (6 шт) 8 ч (печать)+15 ч (спекание)	Рабочее колесо (6 шт) -16 ч Сопловой аппарат (6 шт) -21 ч

ТЕХНОЛОГИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ООО «НПО «КЕРАМЕТ» В РАМКАХ ПРОЕКТА

Вместимость бункера принтера:
Колесо рабочее турбины – **380 шт**
Сопловой аппарат – **160 шт**

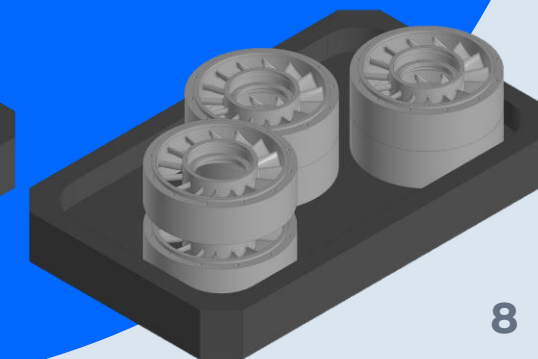
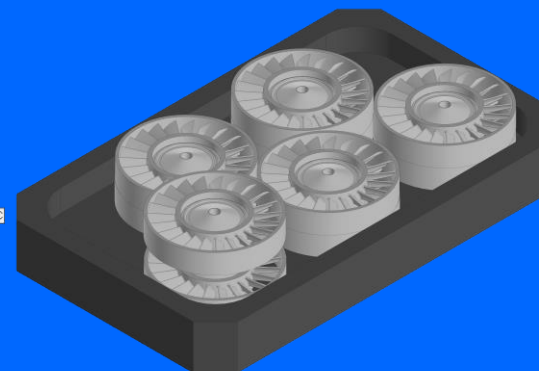
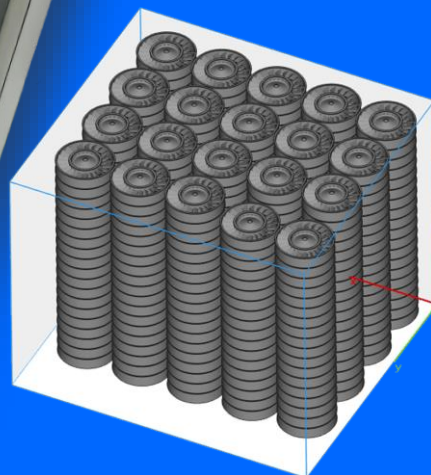


Спекание в проходных печах сопротивления
СТН-2.45.1,6/13,5 (Россия)



Температура: 1350°C
Шаг: 20 мин. или 35 кг/ч
Расход газа: 6 м³/ч

Ресурс нагревателей:
5000 ч
Мощность: 55 кВт



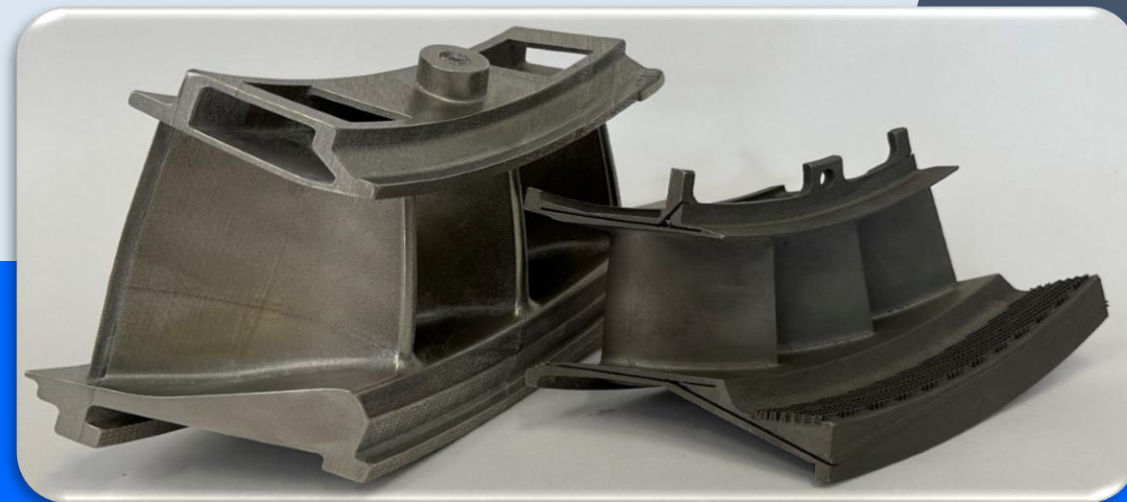
ТЕХНОЛОГИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЦАТОД САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА В РАМКАХ ПРОЕКТА

3D-ПЕЧАТЬ ЗАГОТОВОК:

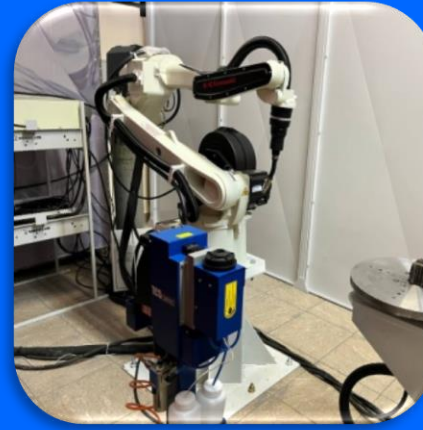
- Селективное лазерное сплавление
- Прямое лазерное выращивание
- Электродуговое выращивание проволокой
- FDM-печать

ПРОИЗВОДСТВО ПОЛНОГО ЦИКЛА:

- Проектирование технологических процессов
- 3D печать
- Термообработка
- Пост-обработка
- Механическая обработка
- Контроль геометрии
- Испытания: механические, газодинамические, горение и т.д.



Наращивание производственных мощностей



2013

СЛС – SLM280
SLM Solutions

2021

СЛС – М350
Лазерные системы

ПЛВ –ИЛИСТ L
СПбГМТУ

2022

СЛС –3DLam
3Д Лам

2023

СЛС – М350
Лазерные
системы

2024

СЛС – RusMelt
РосАТ

ЭДВ – Kawasaki

2026

СЛС – М450-L
Лазерные системы

НАШИ ЗАКАЗЧИКИ



Генеральному директору
ООО «НПО «Керамет»
Долгих Ольге Алексеевне

Уважаемая Ольга Алексеевна!

г. Самара

«10» июля 2025 г.

Настоящим уведомляем Вас, что наша компания заинтересована в развитии технологии изготовления крыльчаток малоразмерных газотурбинных двигателей (ГТД), которая могла бы заменить технологию SLM.

Мы видим потенциал развития аддитивных технологий, в частности струйного нанесения связующего (Metal Binder Jetting). Ежегодная потребность в крыльчатках на ближайшие 3 года составляет:

Наименование ДСЕ	Потребность в год, шт.
GTE220N.001 - Аппарат сопловой	10 000
GTE220N.002 - Колесо рабочее турбины	10 000

Генеральный директор



БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ!



Киселев Павел



КЕРАМЕТ
Композиционные порошковые материалы
- насосное производство



+7(342) 241-84-60

keramet-perm@mail.ru

г. Пермь, Восточный обход, 80

Алексеев Вячеслав



**САМАРСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**



+7 917 952 86 51

alekseev.vp@ssau.ru

г. Самара, Лукачева 47

