



# САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ИЛИСТ**  
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

при финансовой поддержке  
Государства в лице



МИНИСТЕРСТВО  
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

по теме: «Разработка технологий прямого лазерного выращивания и ремонтной лазерной наплавки высокопрочных деталей судового машиностроения, эксплуатируемых в условиях Арктики»

Соглашение о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г № 14.574.21.0175  
Уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57417X0175

Индустриальный партнер



Руководитель работы:  
проф. Г.А. Туричин





# СТРУКТУРА ФИНАНСИРОВАНИЯ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И  
НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Объем средств субсидии**

**60 000 000 рублей,**

в том числе:

2017 г. – 20 000 000 рублей

2018 г. – 20 000 000 рублей

2019 г. – 20 000 000 рублей



ЦЕНТР СУДОРЕМОНТА  
**ЗВЕЗДОЧКА**

**Объем внебюджетных средств**

**60 000 000 рублей,**

в том числе:

2017 г. – 20 000 000 рублей

2018 г. – 20 000 000 рублей

2019 г. – 20 000 000 рублей



# Разработка технологий прямого лазерного выращивания и ремонтной лазерной наплавки высокопрочных деталей судового машиностроения, эксплуатируемых в условиях Арктики

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- Разработка технологии прямого лазерного выращивания высокопрочных деталей судового машиностроения из порошковых металлических материалов и оборудования для её реализации, позволяющих многократно снизить себестоимость изготовления деталей сложной геометрии из высокопрочных материалов.
- Разработка технологии ремонта высокопрочных деталей судового машиностроения методом лазерной порошковой наплавки.
- Организация, техническое и технологическое обеспечение участка прямого лазерного выращивания и ремонтной лазерной наплавки на АО «ЦС «Звёздочка».

## ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ:

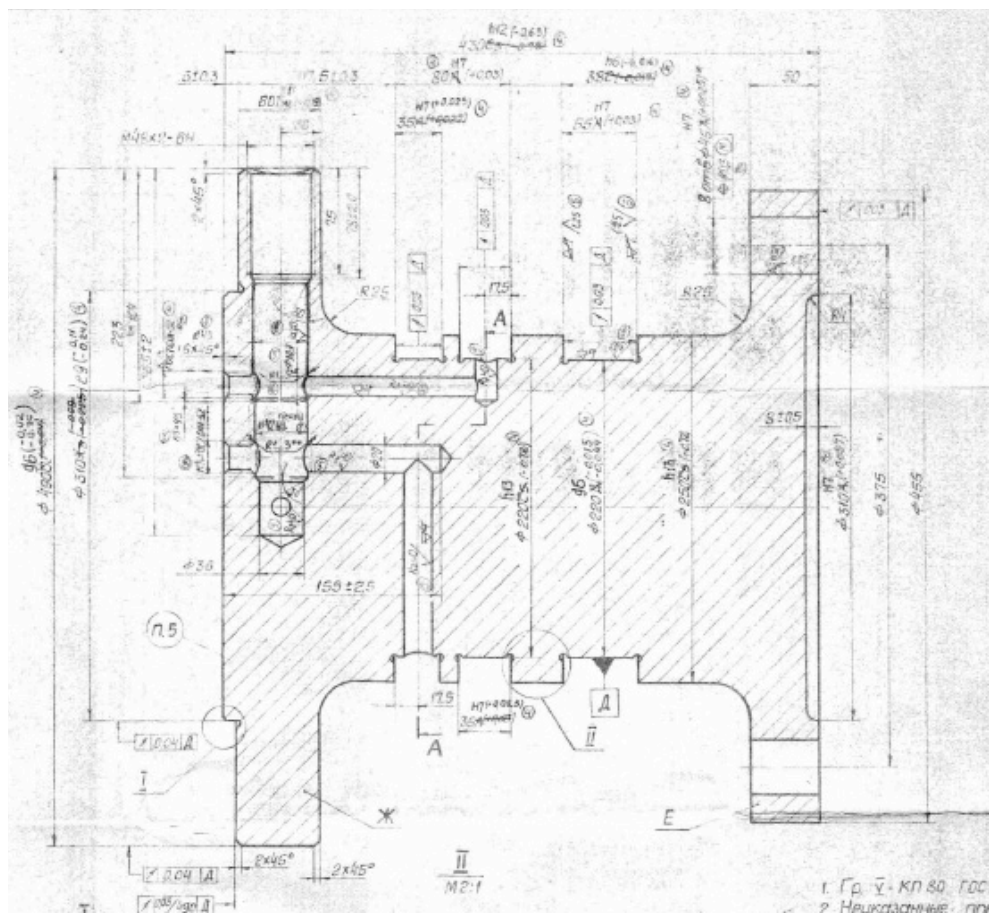
- Анализ существующих технических и технологических решений по выращиванию изделий из порошковых материалов, и оценка возможности их масштабирования и применения в судовом машиностроении.
- Определение номенклатуры деталей судового машиностроения, рекомендуемых для изготовления методом лазерного выращивания.
- Разработка базовых технологий лазерного выращивания и ремонта деталей судового машиностроения
- Создание опытного образца модульного автоматизированного технологического комплекса



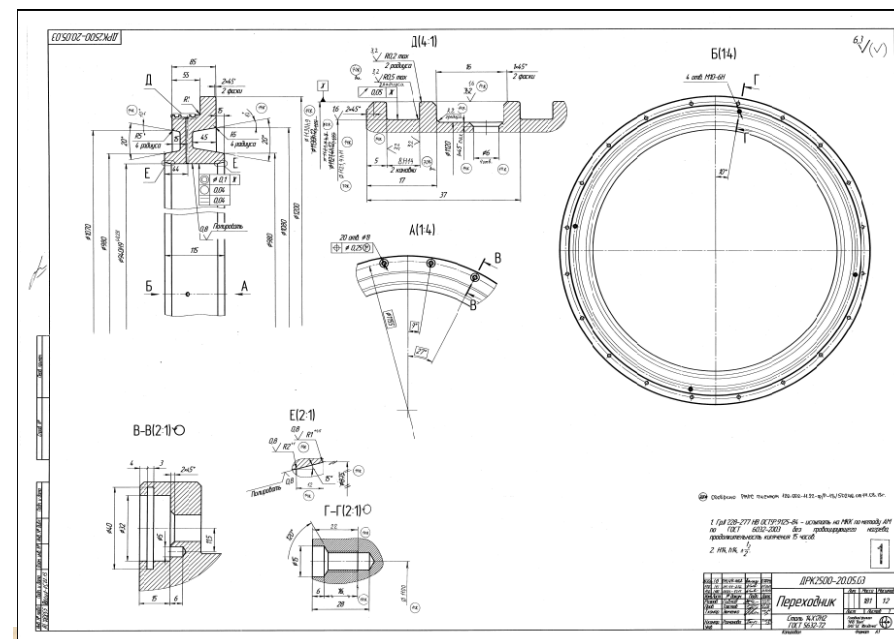
# НОМЕНКЛАТУРА ЦЕЛЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРОЕКТА

Ремонтная лазерная наплавка

Вал 11ШМС 9.01



Переходник ДРК2500-20.05.03



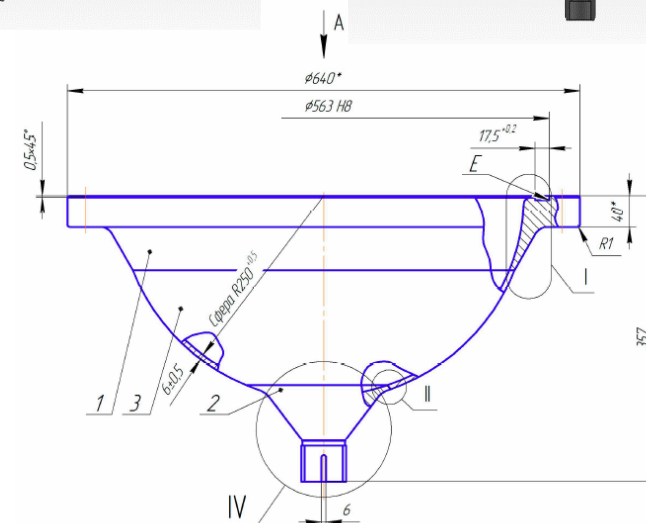
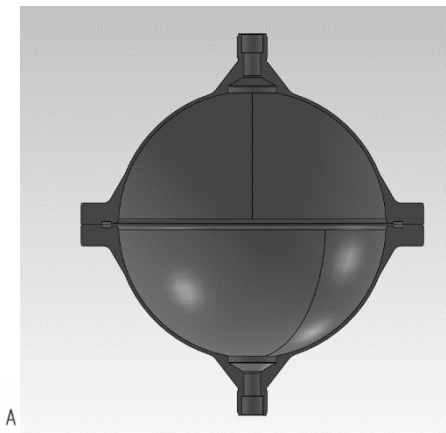
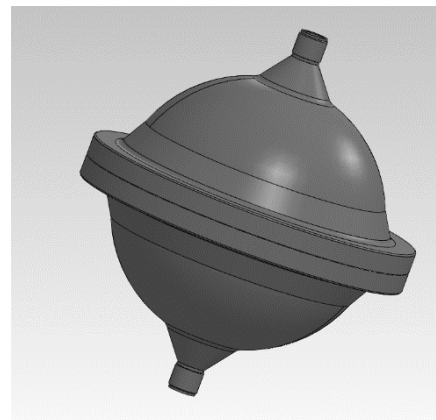
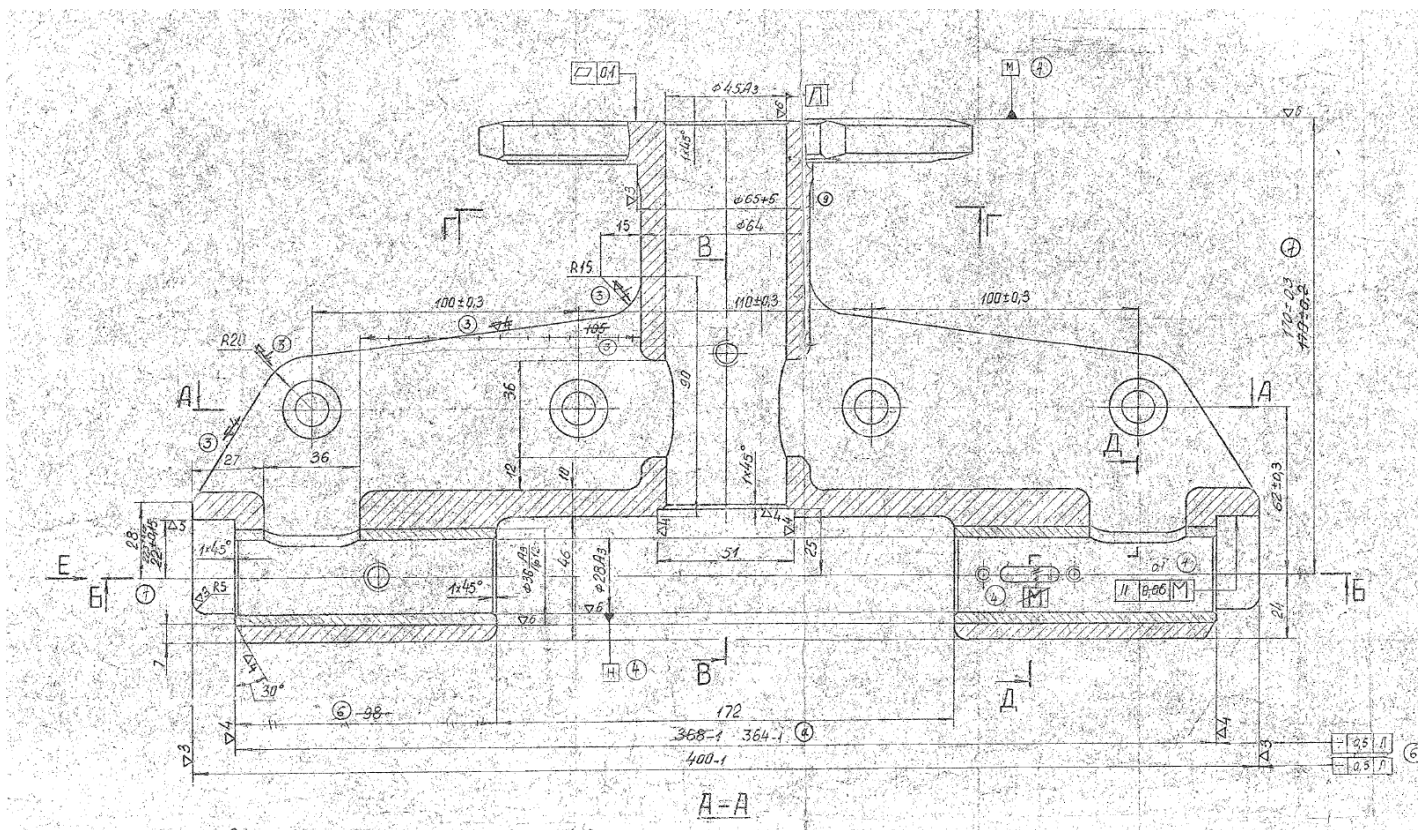


# НОМЕНКЛАТУРА ЦЕЛЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРОЕКТА

Прямое лазерное выращивание

Корпус 949-7330-561

Полусфера 18510-5110-085





# НОМЕНКЛАТУРА МАТЕРИАЛОВ

## Стали

Марка материала	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Работа удара KV <sup>-40</sup> , Дж	Твердость по Бринеллю НВ
	Не менее				
08ГДНФЛ ГОСТ 977-88	380	480	20	-	159-192
АБ2-1 (09ХН2МД) ТУ5.961-11571-2006	588-686	637	18	78	187-241
06Х15Н4ДМЛ ТУ5.961-11835-2003	620	790	19	40,0 (KV <sup>-10</sup> )	Не более 290

## Титановый сплав

Марка материала	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	
	Не менее			KCV	KCU
ТЛ5 ОСТ5Р.9071-88	590	640	8	294	490



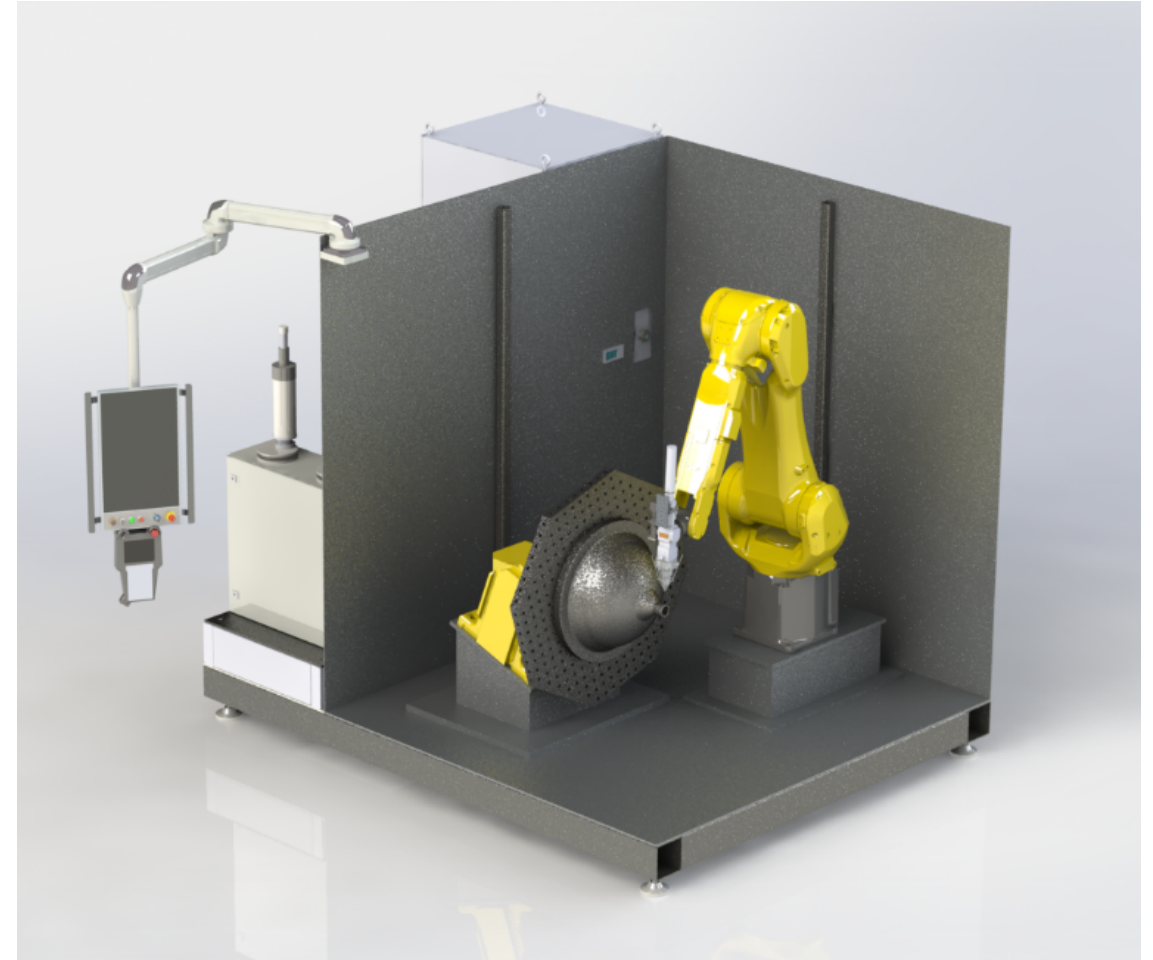
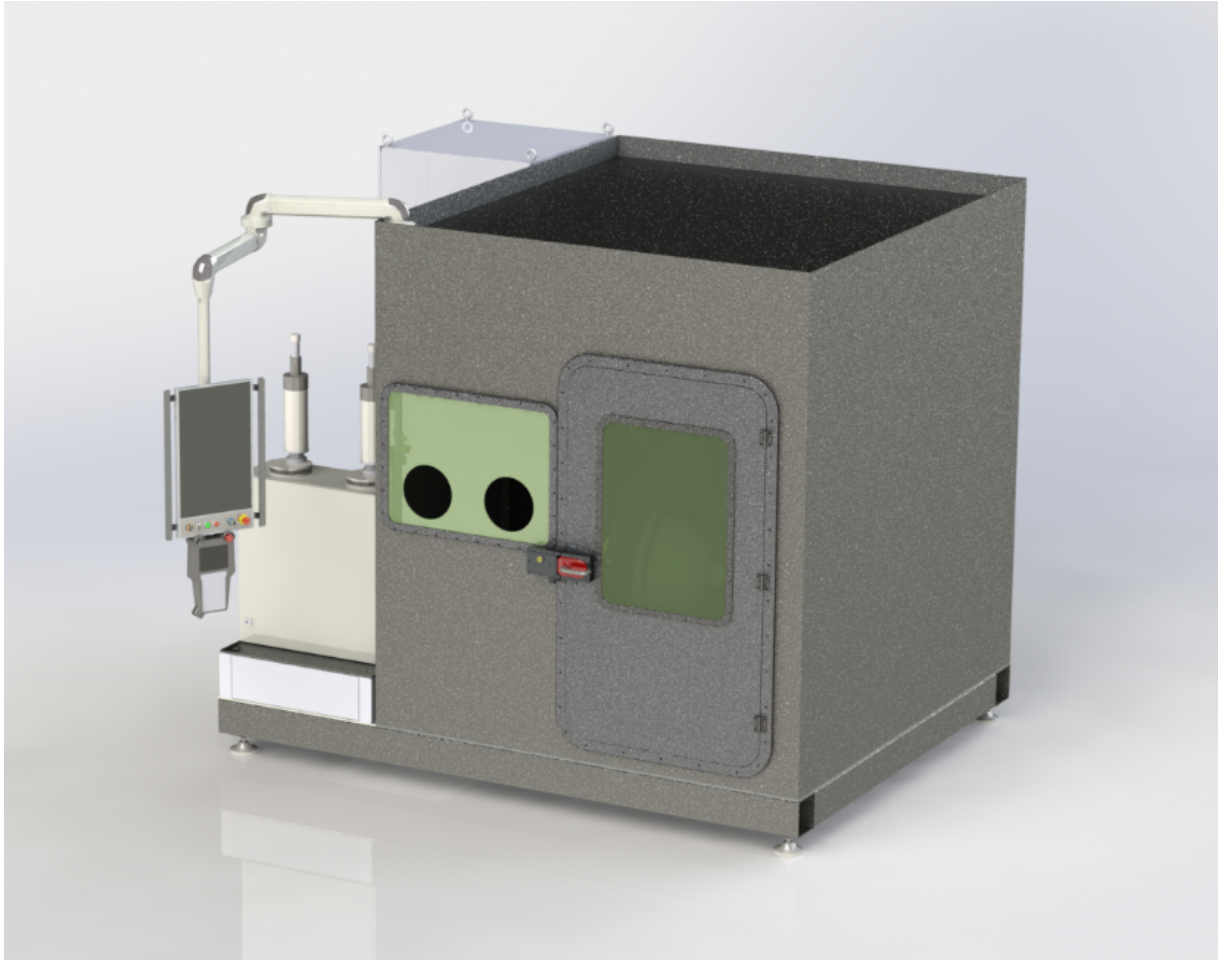
## Технические требования к опытному образцу автоматизированного технологического комплекса

Параметр, единица измерения	Значение
<b>Комплекс лазерного оборудования</b>	
Лазер волоконный иттербиевый	ЛС-3
Тип используемого лазера	Волоконный
Мощность лазерного излучения, максимальная, кВт	3
<b>Рабочий инструмент</b>	
Головка лазерная	ИПГ FLWD30
Максимальная рабочая мощность лазерного излучения, не менее, кВт	5
Фокусное расстояние коллиматора, мм	100
Фокусное расстояние фокусирующей линзы, мм	200
Коаксиальная камера видеонаблюдения	+
Коаксиальное кольцевое сопло для подачи порошка	+
<b>Система перемещения рабочего инструмента</b>	
Робот-манипулятор	FANUC M-20iB/25
Радиус досягаемости, не менее, мм	1800
Повторяемость (по ISO 9283), не хуже, мм	± 0,05
<b>Система перемещения выращиваемого изделия</b>	
Позиционер двухосевой FANUC	
Грузоподъемность, не менее, кг	200

<b>Система подготовки и подачи наплавочного материала</b>		
Питатель порошковый	GTVPF 2/2	
Количество колб, шт	2	
Диапазон регулировки массового расхода порошка, кг/ч	от 0,3 до 3	
<b>Система поддержания рабочей атмосферы</b>		
Рабочий газ	Аргон ВЧ	
Остаточное содержание кислорода, не более, ppm	500	
<b>Система подготовки и подачи газов</b>		
Количество линий подачи газа, не менее, шт	3	
Диапазон регулировки расхода рабочего газа (аргон), л/мин	от 1 до 25	
Диапазон регулировки расхода газа для заполнения камеры, л/мин	до 500	
<b>Система видеонаблюдения зоны обработки</b>		
<b>Система автоматического управления (АСУ) КТЛВ</b>		
Управление	Ручное	+
	Автоматическое	+
<b>Кабина технологическая</b>		
Габариты (внутренние), не менее, мм	Ширина	1800
	Длина	2000
	Высота	2200
Герметичный шлюз	+	
Перчаточный порт	+	
Быстрозакрываемая/открываемая газонепроницаемая дверь	+	



## ЭСКИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА







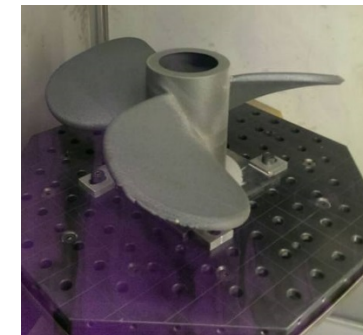
# ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ ТПЛВ



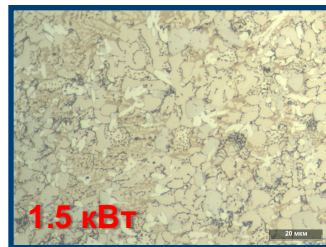
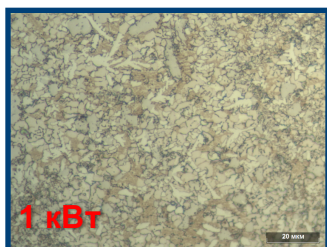
Управление формированием структурой



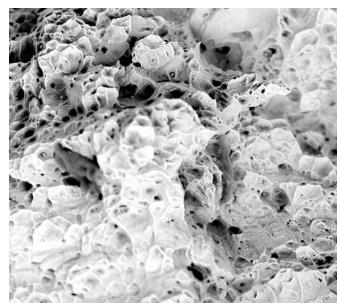
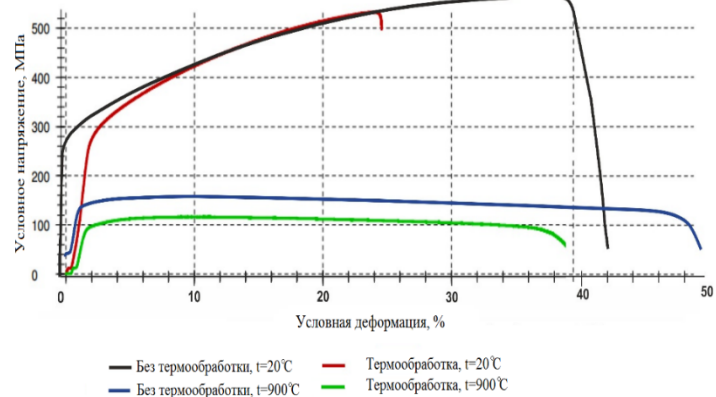
Вязкий излом



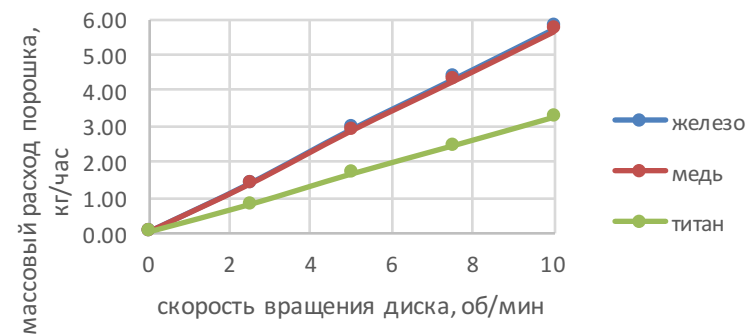
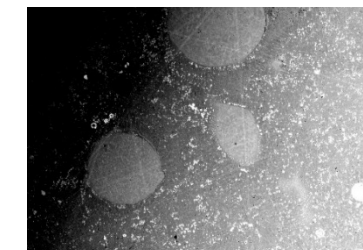
Гетерофазная структура на основе бронзы и никеля



Результаты механических испытаний (нерж. сталь)



Производительность порошкового питателя для различных сплавов



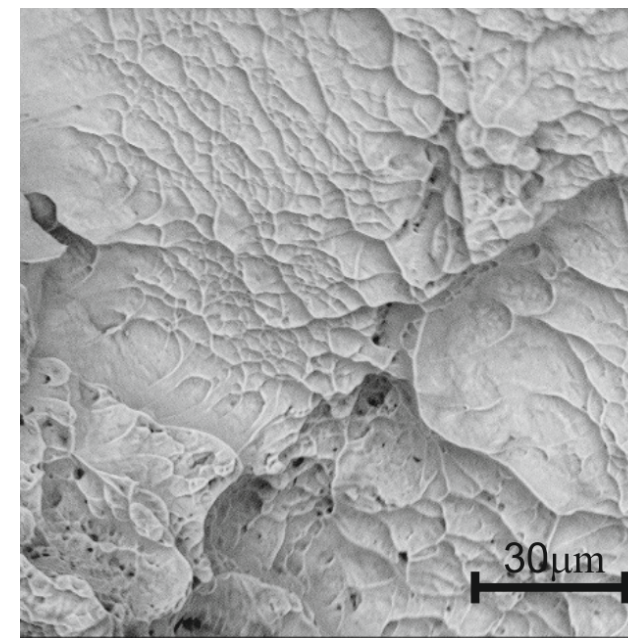


# Результаты механических испытаний образцов, изготовленных с использованием прямого лазерного выращивания

Материал	Производитель	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
Порошковые материалы отечественного производства				
ЭИ698П	ВИАМ	1021,0	837,0	18
ВВ751	ВИЛС	1115,6	981,9	8,7
ЖС6У	Композит	1353,0	1046,0	11,5
ВТ-20		968,0	882,0	6,6
ВТ-6	Галион	1115,5	881,4	9,1
ПР-09Х14НЧБ	Полема	1451,4	1167,0	13,5
ПР28Х3СНМВФА		1667,2	1068,9	11,3
Порошковые материалы зарубежного производства				
Inconel 625	Höganäs	865,0	489,0	28,5
316L		570,0	272,5	41,0



Образец для механических испытаний  
ГОСТ 11701-84



Излом ВТ-6, фракция порошка 100-200

механические свойства материалов на уровне деформированного состояния



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

