



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАЗЕРНЫЕ АДДИТИВНЫЕ И СВАРОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ректор СПбГМТУ:
Руководитель Производственного отдела,
Институт лазерных и сварочных технологий, СПбГМТУ

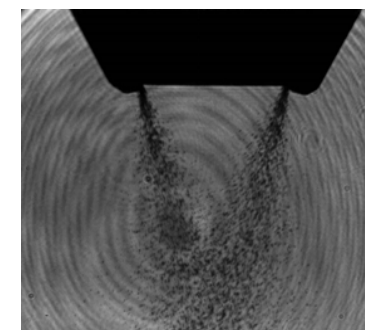
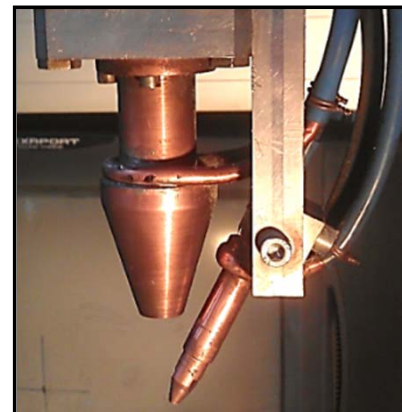
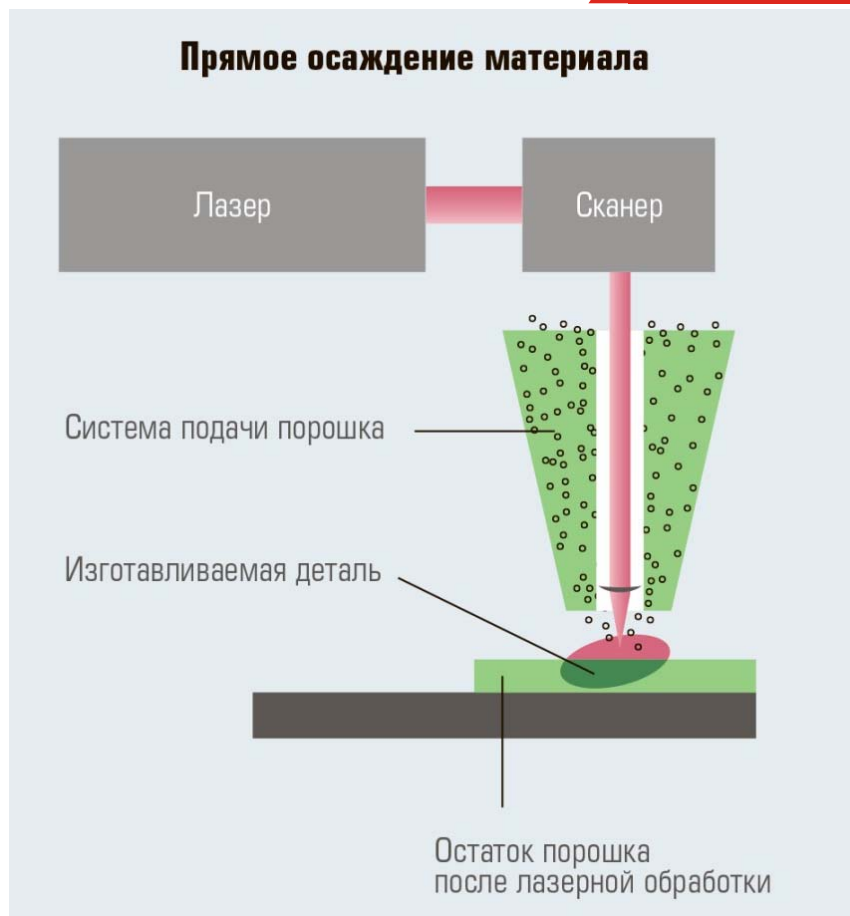
Туричин Г.А.

Кузнецов М.В.



ПРЯМОЕ ЛАЗЕРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ

Принципиальная схема процесса



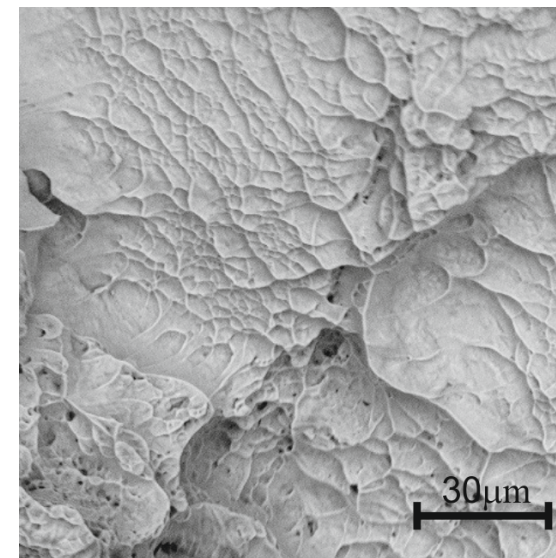


Результаты механических испытаний образцов, изготовленных с использованием прямого лазерного выращивания

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	1150	1090	11
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

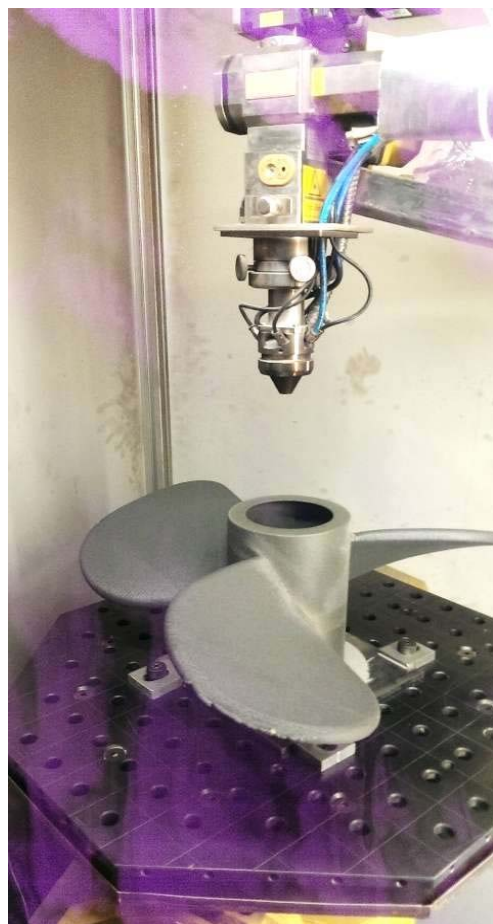


Излом ВТ-6, фракция порошка 100-200

механические свойства материалов на уровне деформированного состояния



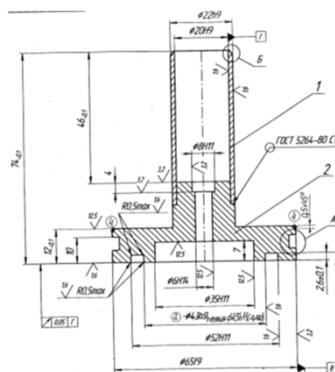
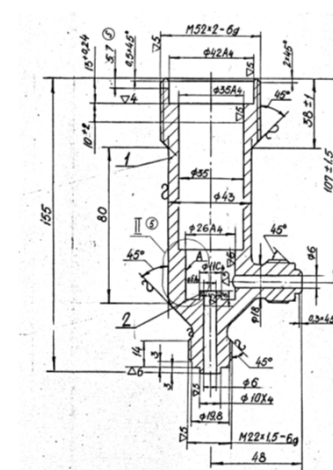
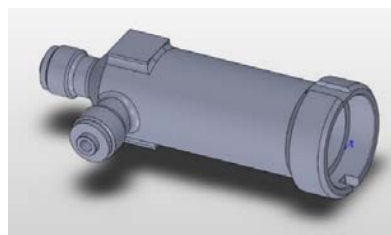
Отработка технологии прямого лазерного выращивания элементов судовых движителей





Корпус клапана запорного (316 L) с
уплотнительным полем из ВЗК

Technical drawing of a mechanical part, likely a pressure vessel or tank, showing a cross-section. The drawing includes dimensions: overall diameter $\phi 174$, overall height 201, inner diameter $\phi 154$, and bottom diameter $\phi 30$. It also shows a 3-degree taper and a 126mm height for the upper section.



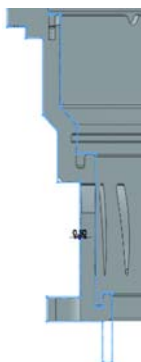


Экспериментальные образцы целевых изделий

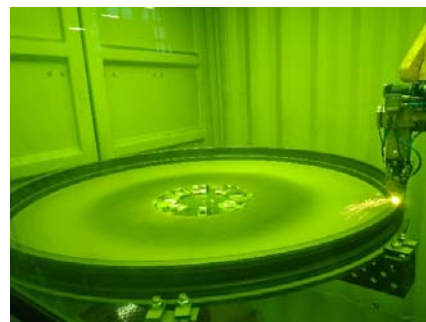
ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

D= 1500 мм
H=138 мм

КОЛЬЦО НАРУЖНОЕ 4 СТУПЕНИ

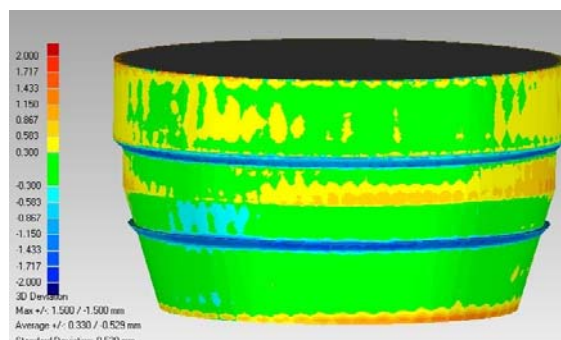


Масштаб 1:3



Время выращивания –
87 ч
Масса изделия - 98 кг
КИМ - 60%
13 квалитет точности

КОРПУС ВНУТРЕННИЙ



КОРПУС ВЫХОДНОЙ

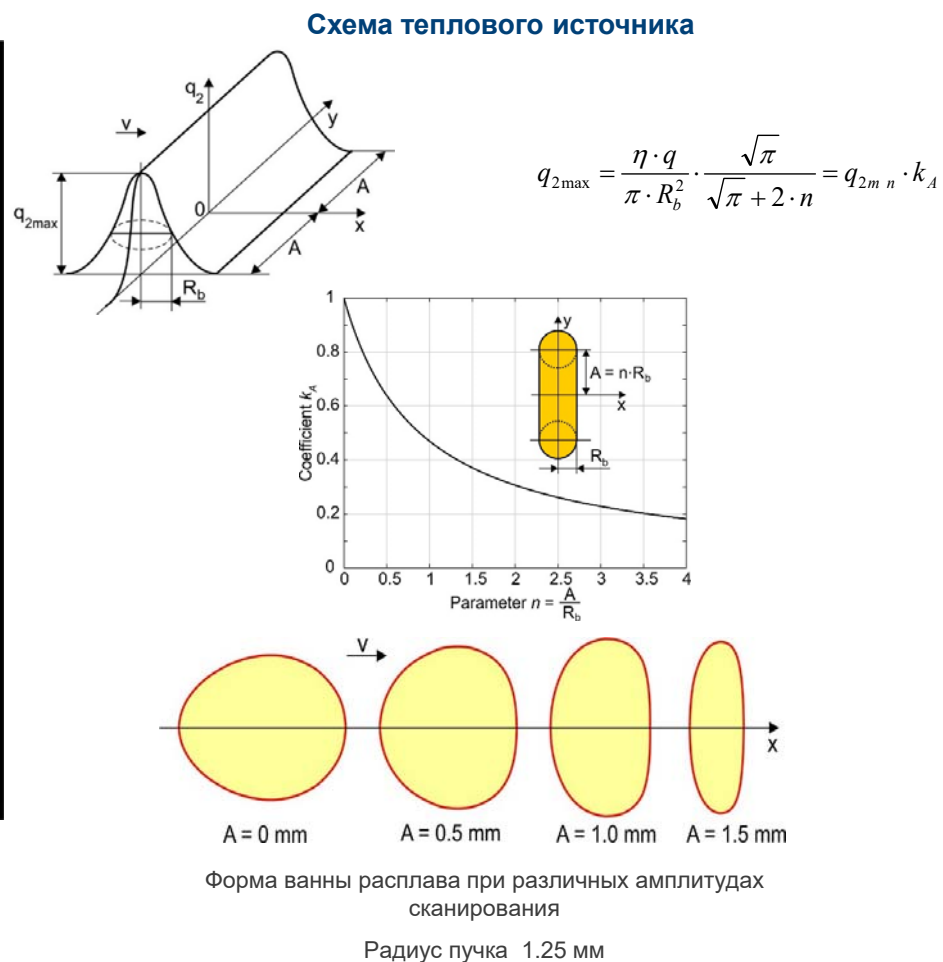




ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ ЗАГОТОВОК



Без сканирования

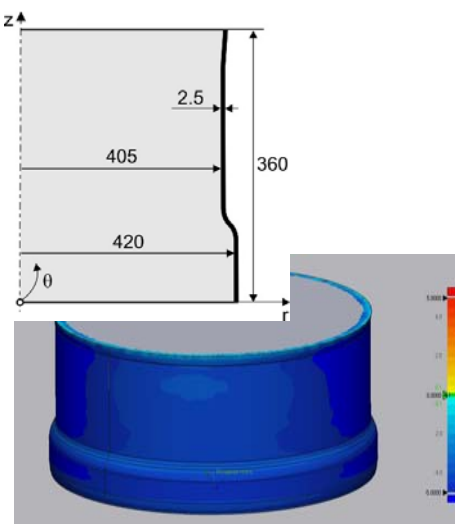


Со сканированием

Материал: ВТ-6

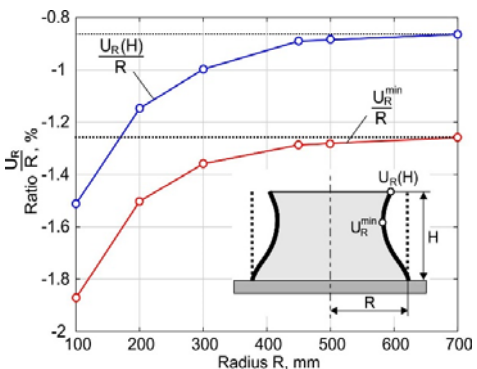
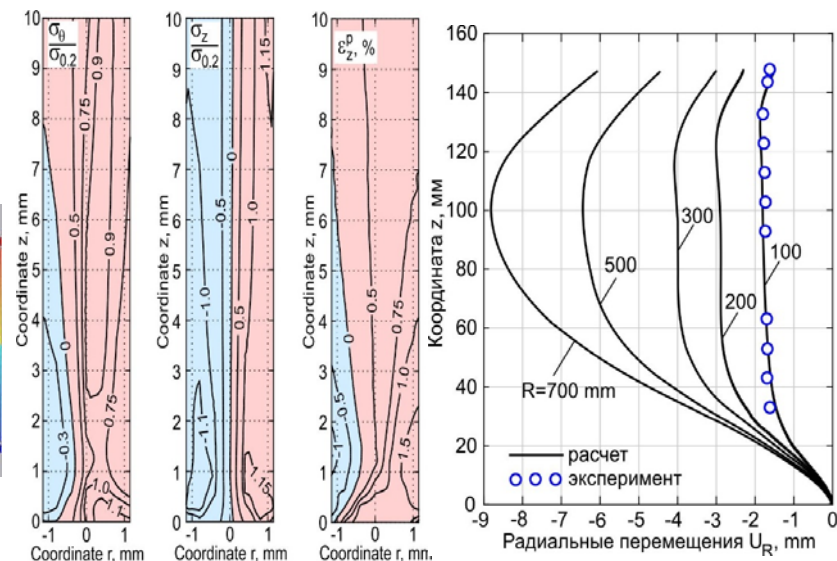


ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ГЕОМЕТРИЮ ВЫРАЩИВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ



Уменьшение заданного радиуса на 5 мм

Моделирование напряженно-деформированного состояния

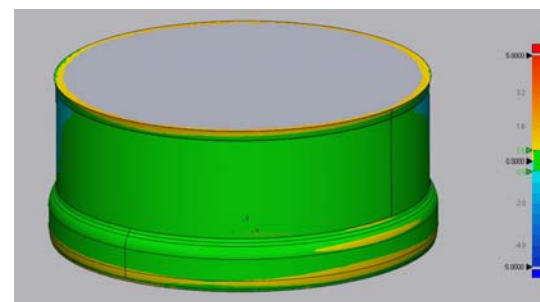


Прогнозирование «усадки»

Корректировка управляющей программы на основе результатов моделирования



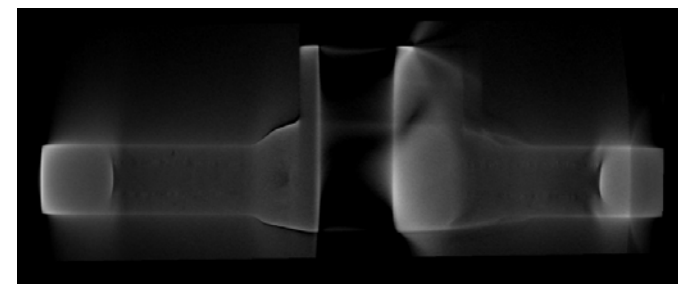
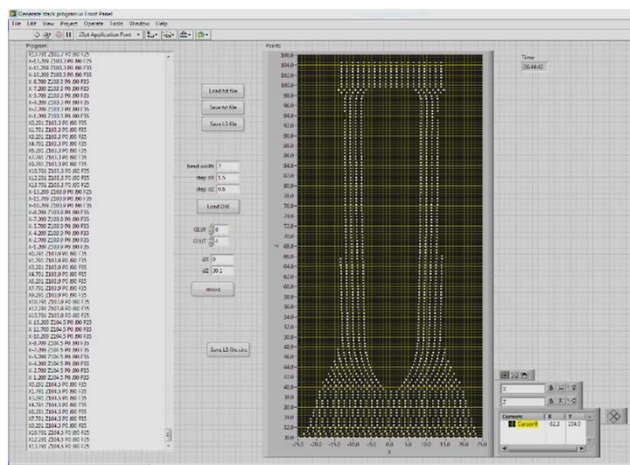
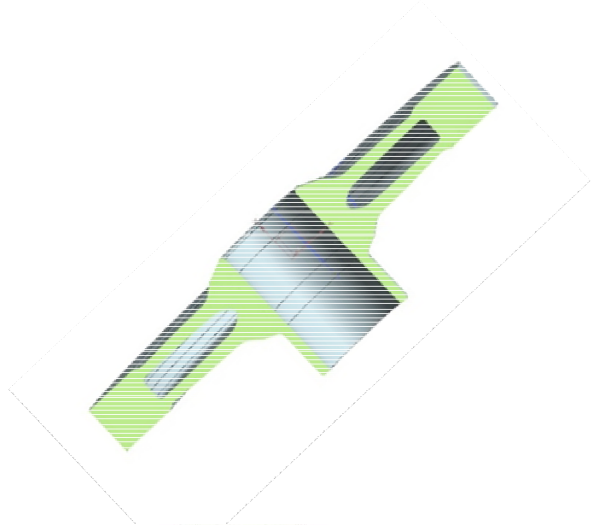
ВТ-6



Точность построения +/- 0.2 мм на радиусе 420 мм (качество 9-10)



Изготовление полого диска для ГТД



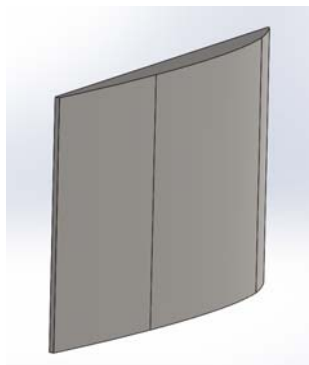
Материал – сплав ЭИ698

Подана совместная заявка на патент

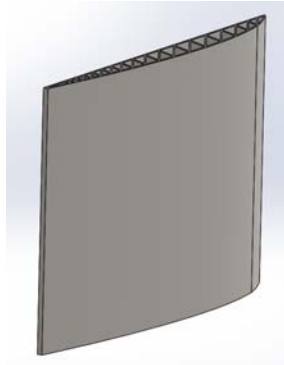


ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ВЫСОКОНАПОРНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

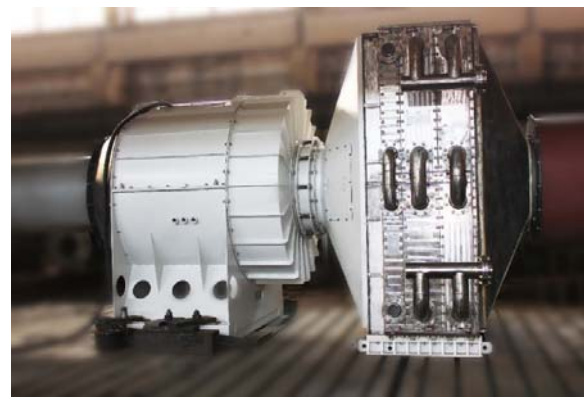
ИЛСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Масса сплошного варианта
14 кг



Масса варианта с
внутренней фермой 7 кг



Снижение массы рабочего колеса более чем в 2 раза



Успешно проведены испытания, в том числе в составе
рециркуляционной охлаждающей установки РОУ-80



Изготовление заготовок деталей для АО «НПК «КБМ»

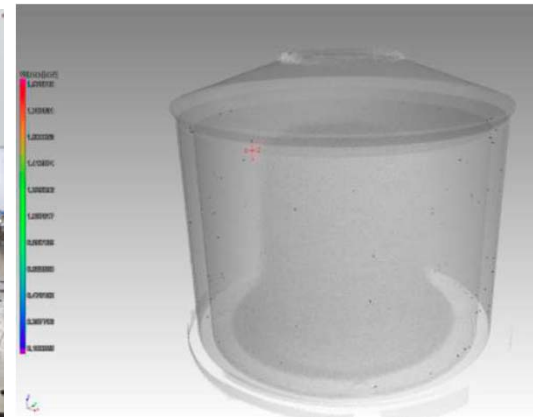
ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ПР28Х3СНМВФА

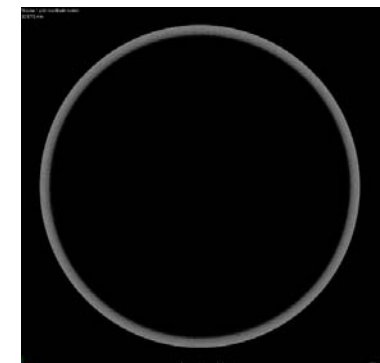


Изготовленная методом прямого лазерного
выращивания: камера сгорания стартового двигателя
успешно прошла огневые испытания

Заготовки обечаек для последующей ротационной вытяжки



Обнаруженная пористость – менее 0.002 % (об)



Влияние раскатки на пористость

Альтернатива ГИП для крупногабаритных изделий



ГЛДС стали повышенной прочности РС E36

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



а)



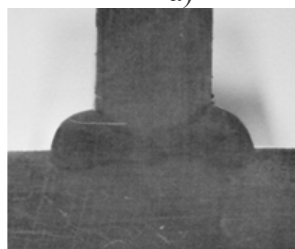
б)



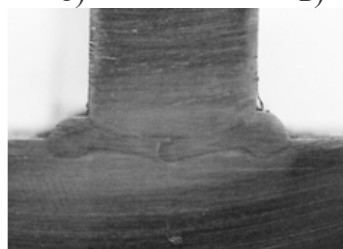
в)



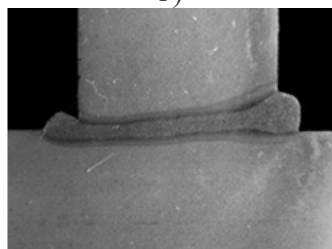
г)



д)



е)



ж)



з)



и)



к)



л)

а – толщина 7 мм (РС E36);
б - толщина 14 мм (РС E36);
в - толщина 20 мм (РС E36);
г – толщина 45 мм (глубина проплавления 35 мм) (РС E36);
д - толщина пластины 7 мм (РС E36);
е - толщина пластины 14 мм (РС E36);
ж - толщина пластины 14 мм (РС E36);
з – толщина 14 мм (X80); и – толщина 14 мм (X100) ;
к – толщина 14 мм (X120);
л – хладостойкая сталь, толщина 14 мм (F500W)



ГЛДС судокорпусной стали АК-35

Внешний вид сварного соединения



$P_{\text{л}} = 15 \text{ кВт}$, $V_{\text{п.п.}} = 18 \text{ м/мин}$, $V_{\text{св}} = 18 \text{ мм/сек}$, Св-08ГСМТ

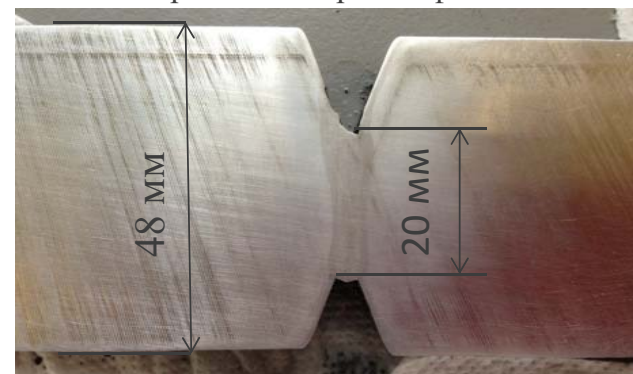


Лицевая сторона



Обратная сторона

Поперечный микрошлиф



Преимущества технологии

- Снижение ширины зазора более чем в 10 раз по сравнению с действующей технологией электрошлаковой сварки
- Снижение себестоимости процесса сварки за счёт экономии сварочной проволоки и защитных газов
- Увеличение производительности
- Уменьшение ширины ЗТВ до 1,5 мм
- Снижение сварочных напряжений и деформаций
- Варьирование структурой и механическими свойствами сварного шва
- Предел прочности сварного соединения ок. 993 МПа (предел прочности ОМ – 1000 МПа)
- Отсутствие внешних и внутренних дефектов

Место измерения	Твердость (HV10)			
	1	2	3	Ср.зн.
МШ	338	341,5	334,6	338
ЗТВ	354,2	371,2	371,8	365,7
ОМ	317,9	293,4	293,8	301,7



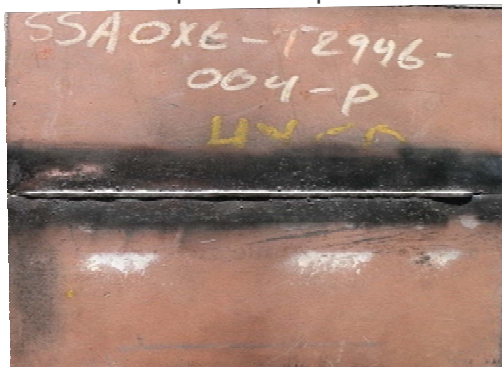
ГЛДС ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ Hardox 450 (12 мм) и Hardox 400 (15 мм), Hardox Extreme (10 мм), 18ХТИМФР



Лицевая сторона

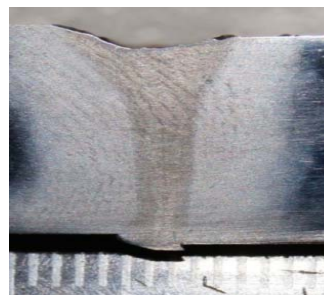


Обратная сторона

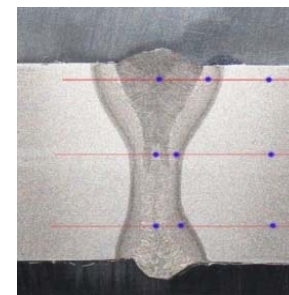


Механические свойства	Hardox 450	Hardox 400	Hardox Extreme
Предел текучести, МПа	1100-1300	Ок. 1000	-
Предел прочности, МПа	1400-1600	Ок. 1250	-
Отн-е удлинение, %	3	10	-
Твёрдость, HBW	425-475	370-430	600-700
Энерг/ удара при -20°C, Дж	27	45	<15 (-20°C)

Поперечный микрошлиф



Hardox 400



Hardox 450



Hardox Extreme

Преимущества технологии

- Снижение точности обработки пластин перед сваркой
- Возможность сварки по зазору до 2 мм
- Уменьшение ширины ЗТВ до 1,5 мм
- Снижение сварочных напряжений и деформаций (отсутствие технологической операции по устранению деформаций)
- Варьирование структурой и механическими свойствами сварного шва
- Повышение производительности
- Снижение себестоимости продукции
- Отсутствие внешних и внутренних дефектов

Место измерения	Твердость (HV10) (Hardox 450)			
	1	2	3	Ср.зн.
МШ	344	342	378	355
ЗТВ	386	420	324	377
ОМ	392	359	374	375

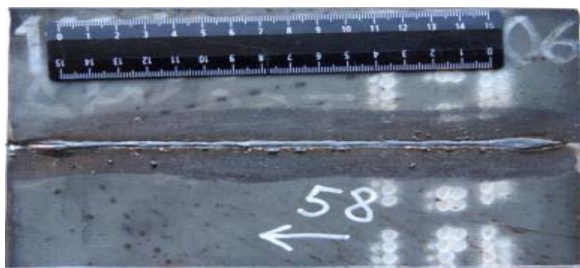


ГЛДС ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

Armoх 600Т (толщина 7 мм)

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лицевая сторона

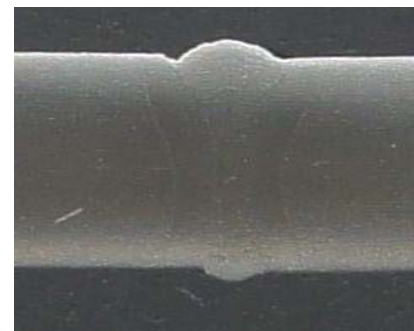


Обратная сторона



Внешний вид сварного соединения:
Рл=15 кВт, Iд=376А, Uд=20В, Vсв=50 мм/сек,
Vпп=9,12 м/мин, 10Х19Н11М4Ф

Механические свойства	Значение
Предел текучести, МПа	1500
Предел прочности, МПа	2000
Твёрдость, HBW	570-640
Энергия удара при -40°C, Дж	Min 12



Поперечный макрошлиф

Преимущества технологии

- Снижение точности обработки пластин перед сваркой
- Возможность сварки по зазору до 2 мм
- Уменьшение ширины ЗТВ до 1 мм
- Снижение сварочных напряжений и деформаций (отсутствие технологической операции по устранению деформаций)
- Варьирование структурой и механическими свойствами сварного шва
- Повышение производительности
- Снижение себестоимости продукции
- Отсутствие внешних и внутренних дефектов

Место измерения	Твёрдость (HV10)			
	1	2	3	Ср.зн.
МШ	467	489	506	487
ЗТВ	531	529	532	531
ОМ	460	473	488	474



Лазерно-дуговая сварка титановых и специальных сплавов

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

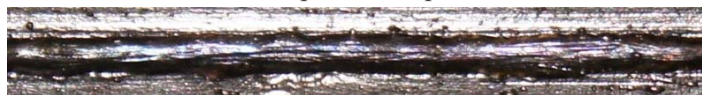
Технология сварки нейтронно поглощающего материала ЧС-82, используемого при изготовлении шестигранных труб для систем уплотненного хранения отработанного ядерного топлива



Лицевая сторона



Обратная сторона



Лицевая сторона (материал: ОТ-4)



Обратная сторона



Металлографические исследования:

- получена структура металла шва, состоящая из мартенситной α' -фазы;
- внутренних дефектов не обнаружено

Механические испытания:

- предел прочности на разрыв сварного соединения - 657 МПа
(предел прочности на разрыв основного металла – 700-900 МПа)

Рл=15кВт, Vсв=3,6м/мин, Id=298А, Ud=28,2В, Ar, 25 л/мин. Материал - 10Х19Н11М4Ф

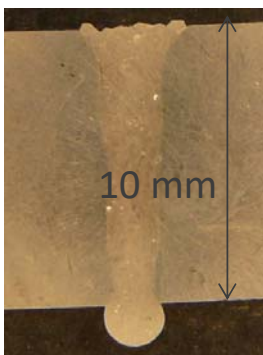




Лазерно-дуговая и лазерная сварка алюминиевых сплавов

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

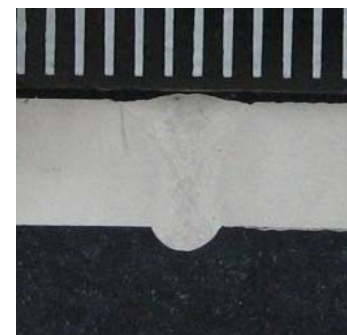
Лазерно-дуговая сварка плавящимся электродом алюминиевых сплавов



АМг6

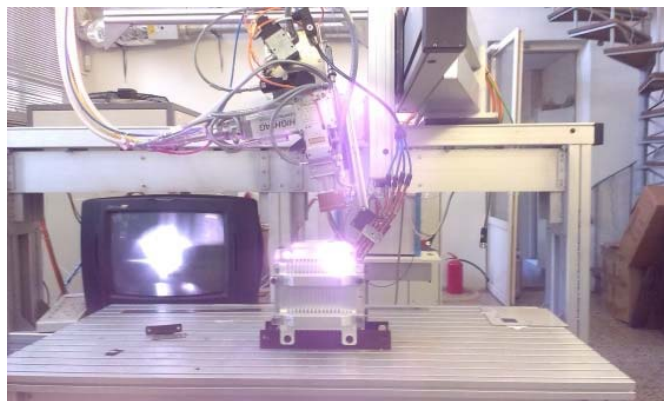


Al-Li, толщина 4 мм



Al+4.5%Mg+1.7%Li+0.6%Zn

Лазерная сварка алюминиевых сплавов АМг6, АМц

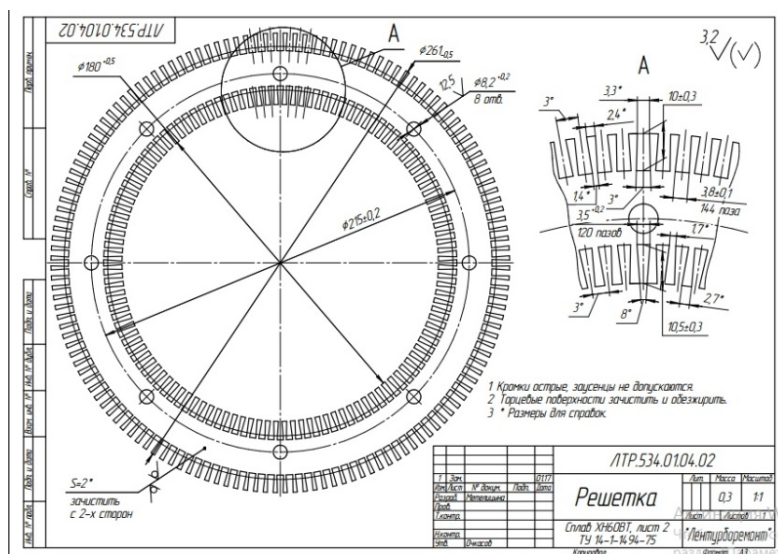




Лазерная сварка элементов ГТД

Сварка решётки с обечайками

- толщина стенки обечаек 1 мм;
- толщина стенки решётки 2,2 мм;
- общее количество пазов – 528 шт.



Требования к сварному соединению

- сварка обечаек с решёткой по контуру паза;
- отсутствие наружных дефектов.



**Рл=1 кВт, Vсв=100 мм/сек, Ar (20 л/мин)
Материал – ХН60ВТ**



Лазерная сварка теплообменного оборудования

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Требования к сварному соединению:

- глубина проплавления не менее 1,5 мм;
- отсутствие внешних дефектов;
- скорость сварки одной трубки менее 5 секунд

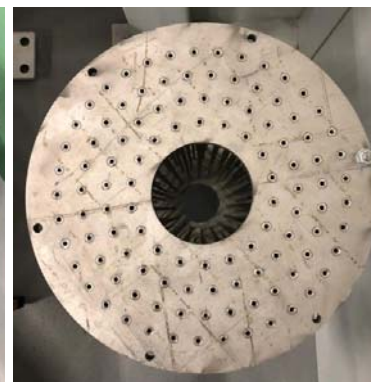
Требования к сварному соединению:

- мощность лазерного излучения 2000-2500 Вт;
- скорость сварки 50-75 мм/с;
- зазор не более 0.1 мм;
- превышение торца трубки относительно поверхности трубной доски



**Рл=2 кВт, V_{св}=20 мм/сек, Ar (20 л/мин), диаметр трубки 16 мм
(материал 12X18H10T)**

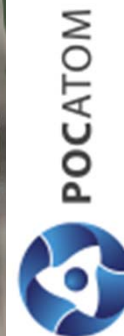
- отсутствие внешних дефектов
- глубина проплавления 3 мм;
- время сварки 1-й трубки и перехода к следующей трубке - 4,96 сек



**Рл=2-2,5 кВт, V_{св}=50-75 мм/сек, Ar (15 л/мин)
(материал: трубные доски ПТ-3В, трубки ПТ-7М)**



Сварка компактного теплообменника с повышенной теплоотдачей



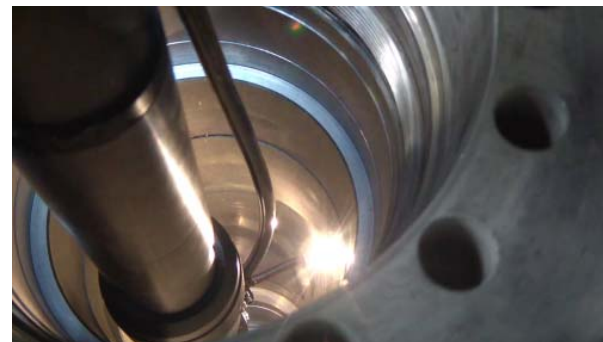


Лазерная сварка насоса: сварка тонкой обечайки к массивному основанию

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



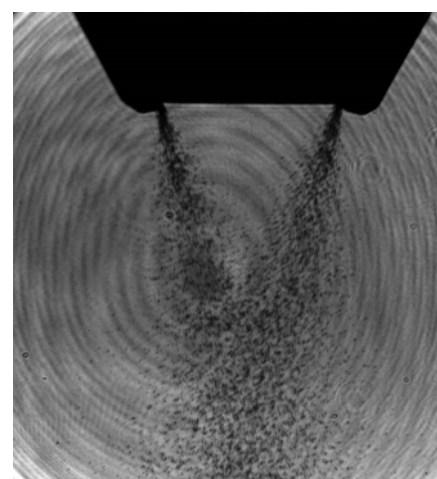
Лазерная сварочная головка для внутренней сварки и закалки:
фокусное расстояние от 200 до 500 мм; минимальный диаметр внутренней обрабатываемой поверхности 150 мм





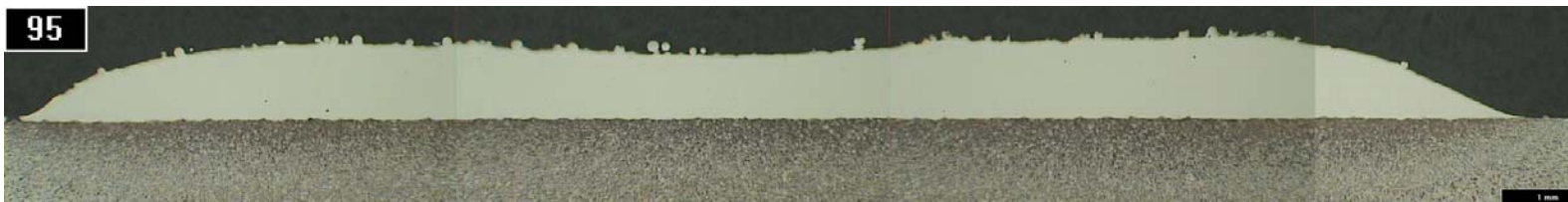
Ремонтная лазерная наплавка

Коаксиальная наплавка со сканированием на цилиндрические поверхности



Материал: Stellite 6
Производительность: 8 кг/ч
Мощность лазерного луча: 10 кВт

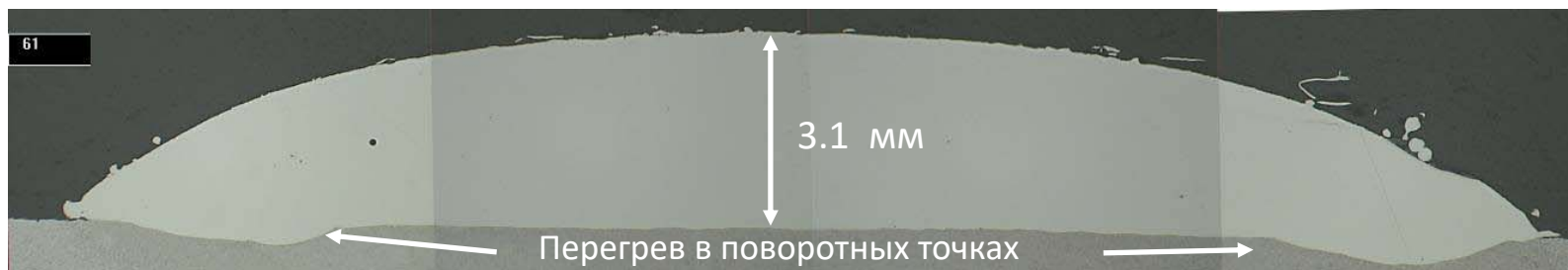
Эффективность использования
порошка: 75%
Подплавление основы: 1%





Ремонтная лазерная наплавка

Некоаксиальная наплавка со сканированием на плоскую поверхность



Материал: Inconel 625
Линейная скорость: 0,75 м/мин
Диаметр пятна: 5 мм
Ширина трека: 19 мм

Производительность 14 кг/ч
Коэффициент использования порошка: 77%
Подплавление основы: 3,3%
Мощность лазерного луча: 15 кВт



Материал: Inconel 625
Производительность: 16,3 кг/ч

Коэффициент использования порошка: 80%
Подплавление основы: 1%



Восстановление рабочих лопаток газотурбинных двигателей



ОДК
ПЕРМСКИЕ МОТОРЫ



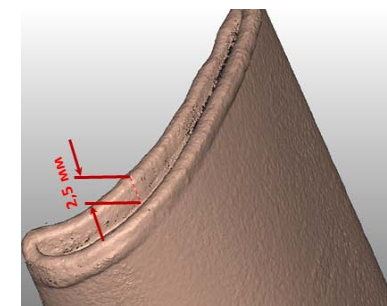
ОДК-ПМ заявлено к наплавке: 20 000 РЛ/год:
РЛ 1 и 2 ст. ТВД
РЛ 1, 2 и 3 ст. СТ
Газотурбинные установки:
ГТУ-16П, ГТУ-12П, ГТУ-10П, ГТУ-25П

Основные характеристики установки

Размер рабочей зоны технологической установки	500x800x500
Мощность лазера	700 Вт
Количество координат манипулятора	6
Повторяемость	0,03 мм
Кассетная оснастка	+

Технологические параметры

Производительность	70-900 г/час
Перемешивание с основным металлом	Не более 10%
КИМ	Не менее 50%
Материалы основы	ЧС70У-ВИ, ЖС6У-ВИ, ЖС32-ВИ
Наплавляемые материалы	ЭП648, ЖС32-ВИ, Stellite 6



УСТАНОВКА ОТГРУЖЕНА ЗАО ПЛАКАРТ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ УЧАСТКА
ОДК-ПЕРМСКИЕ МОТОРЫ



Лазерная наплавка входных кромок рабочих лопаток последней ступени ротора цилиндра низкого давления паровой турбины



Актуальность работы:

- повышение эрозионной стойкости входных кромок рабочих лопаток последних ступеней роторов цилиндров низкого давления паровых турбин, работающих в условиях влажнопарового потока и подверженных воздействию каплеударной эрозии
- Традиционные методы наплавки не обеспечивают достаточно надёжную противоэрозионную защиту лопаток
- Широкое применение лазерных технологий в промышленности

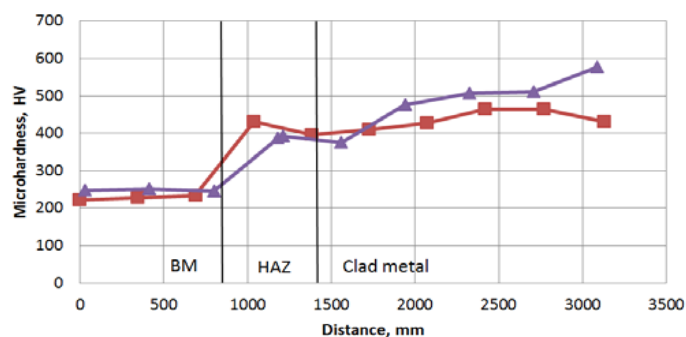
Цель работы

Исследование влияния параметров режима лазерной наплавки на металлургию, механические характеристики наплавленных слоёв и деформацию образцов и по результатам исследования осуществить наплавку входной кромки рабочей лопатки

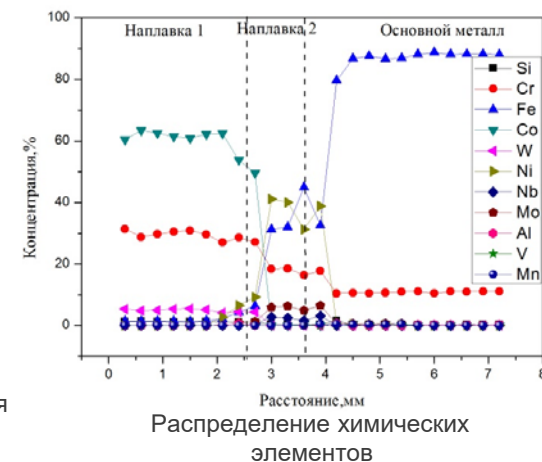




Лазерная наплавка входных кромок рабочих лопаток последней ступени ротора цилиндра низкого давления паровой турбины



Р_л=3кВт, V=25 мм/с, D_п=3,5 мм, R=2,4 кг/час – красная кривая
Р_л=3кВт, V=15 мм/с, D_п=5 мм, R=2,6 кг/час – фиолетовая кривая



Распределение химических элементов

Режим	Марка стали/порошка	Бв, МПа	Б _{0,2} , МПа	Ψ, %	δ, %	Место разрыва
	15Cr11MoW	704-755	568.4-755	50	15,0	
	Inconel 625	760-965	345-420		30-55	
	Stellite 6	790	660		1 max	
3	Inconel 625	789-833		20,0-39,9	22,3-35,8	1BM+2CL
4	Inconel 625	724-748	592-625	17,8-66	13,1-23,7	1BM+1CL+1FZ
5	Stellite 6	814-832	642-737	62,5-65,6	13,5-17,7	2CL
6	Inc. 625 + St. 6	784-791	657-6645	66,4	15,3-19,0	4CL

- ударная вязкость образцов 54 Дж/см² и 68 Дж/см²
- ударная вязкость основного металла 60 Дж/см²



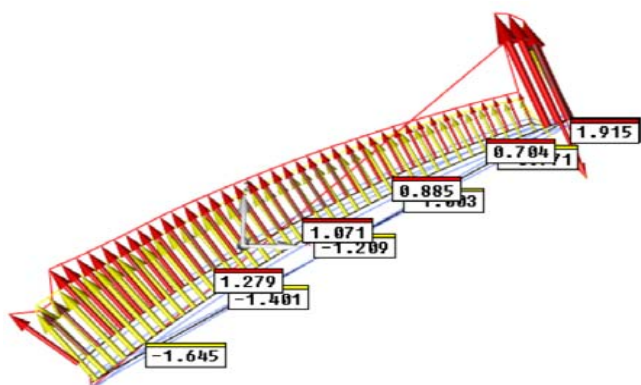
Угол загиба без образования дефектов 112° и 127°



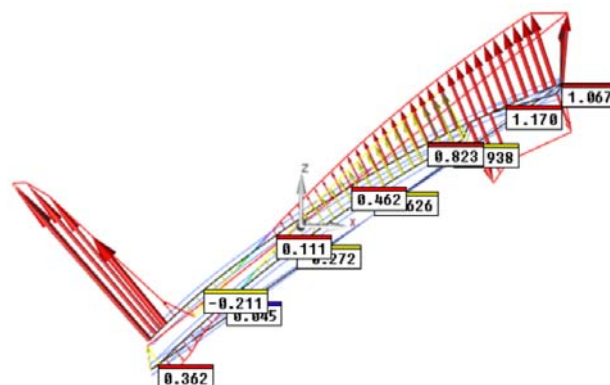
Лазерная наплавка входных кромок рабочих лопаток последней ступени ротора цилиндра низкого давления паровой турбины

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

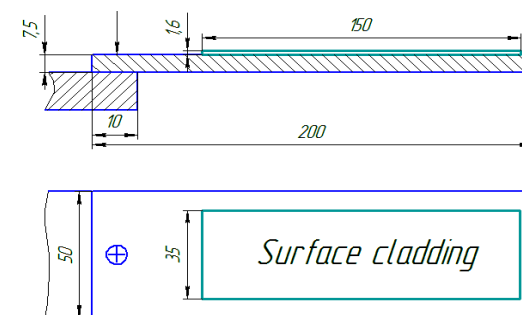
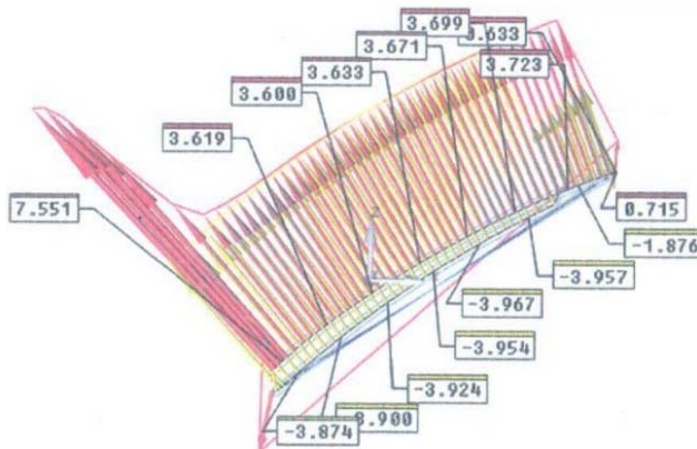
До лазерной наплавки



После лазерной наплавки



После лазерной наплавки и термической обработки
(нагрев до 680°C, выдержка 2,5 часа)



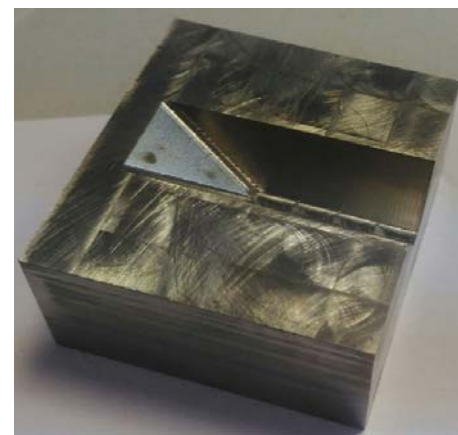
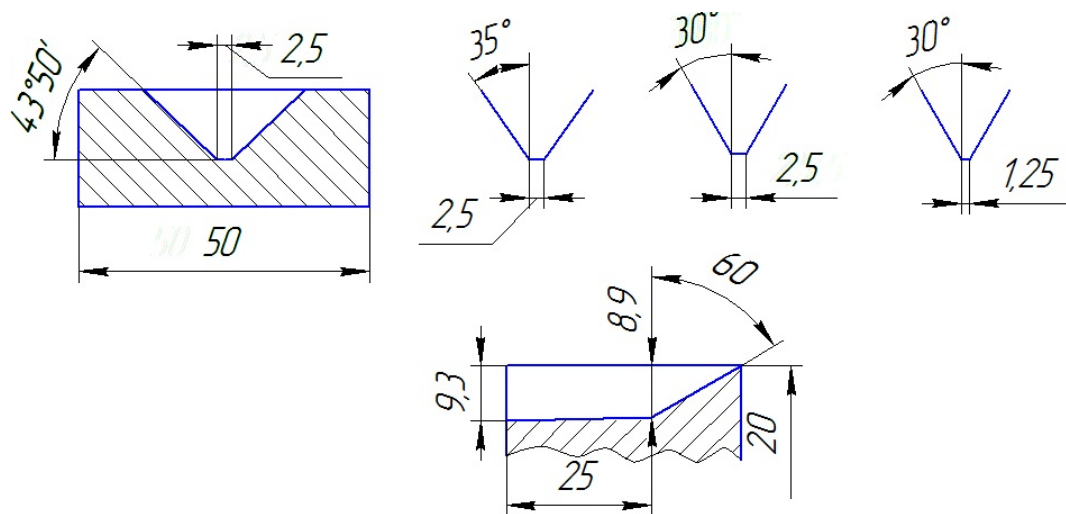
Рл=3кВт, V=15 мм/с, Dп=5 мм, R=2,6 кг/час,
Материал: 15X11МФ, Inconel 625, Stellite 6

ЛЕНТУРБОРЕМОНТ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИРМА





Ремонтная лазерная наплавка пресс-формы (предпроектные работы)



Внешний вид образца
Материал: 4Х5МФС



$P_{\text{л}}=3\text{кВт}$, $V=15\text{ мм/с}$, $D_{\text{п}}=5\text{ мм}$, $R=2,1\text{ кг/час}$,



$P_{\text{л}}=3\text{кВт}$, $V=15\text{ мм/с}$, $D_{\text{п}}=5\text{ мм}$, $R=1,0\text{ кг/час}$,
Материал: 4Х5МФС, EuTroLoy 16606A.04



Ремонтная лазерная наплавка крыльчатки



Дефект



**Продольный макрошлиф
материал крыльчатки – АК4,
присадочная проволока – АК5**



Восстановленное изделие



**Производительность: 0,45 кг/ч
Коэффициент использования материала: 100%**



Крыльчатка



Лазерная наплавка и лазерно-дуговое выращивание

ИЛ ИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Наплавка уплотняющего пояса из сплава МНЖКТ и нанесение закалочных дорожек на корпус высокоточного боеприпаса



Лазерно-дуговое выращивание:
поперечный макрошлиф



Лазерно-дуговое выращивание:
образец после токарной обработки



Лазерное термоупрочнение замковой резьбы шарового крана

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рл=1,7кВт
Vт=50 мм/сек

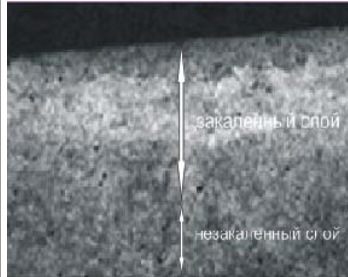
Коническая замковая резьба корпуса шарового крана (38Х2Н2МА)

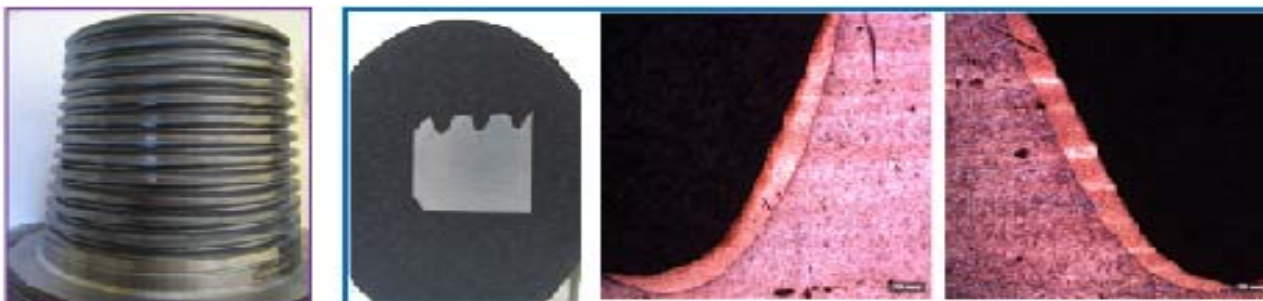
Фосфатирование:

- толщина покрытия от 2-8 мкм до 40-50 мкм;
- быстро изнашивается;
- время фосфатирования около 15-20 мин

Лазерное термоупрочнение:

- повышение твёрдости в 1,5 раза до 305HV после 459HV;
- глубина закалённого слоя свыше 50 мкм;
- время термоупрочнения около 2,3 мин
(повышение производительности процесса в 7 раз)

	50мкм 460HV
	100 мкм 401HV
	150 мкм 386HV
	200 мкм 353 HV
	250 мкм 311HV
	300 мкм 285 HV





Лазерное термоупрочнение куттерных ножей



Требования к закалённому слою:

- Ширина не менее 15 мм;
- Отсутствие оплавления режущей кромки
- Закалочные деформации не должны превышать 600 мкм
- Повышение твёрдости на 5-7 HRC



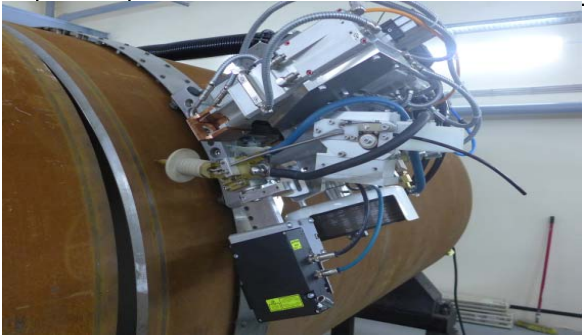
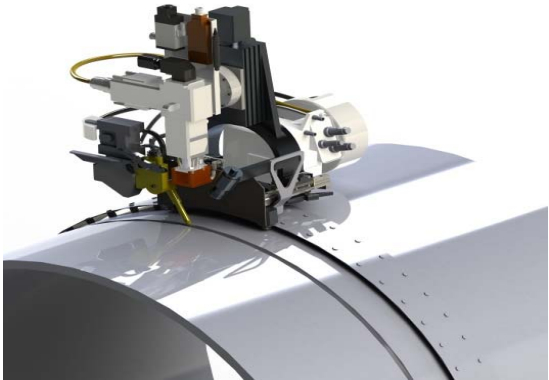
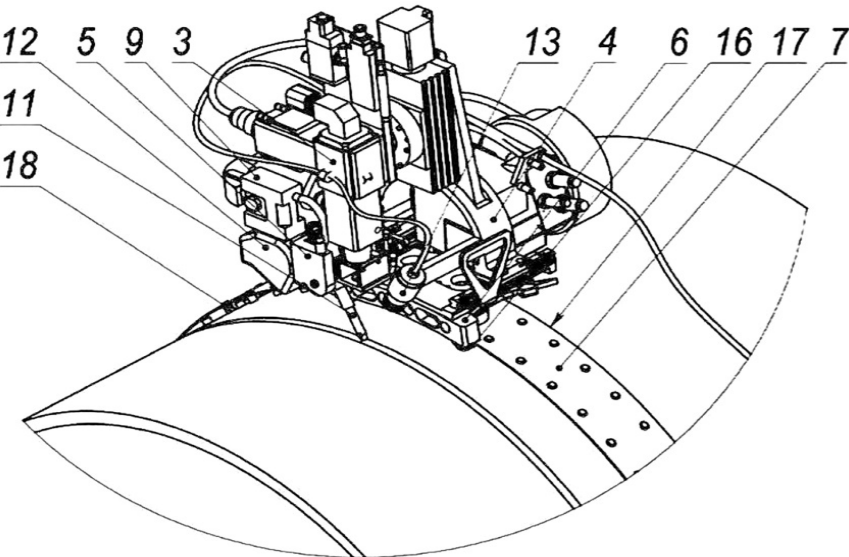
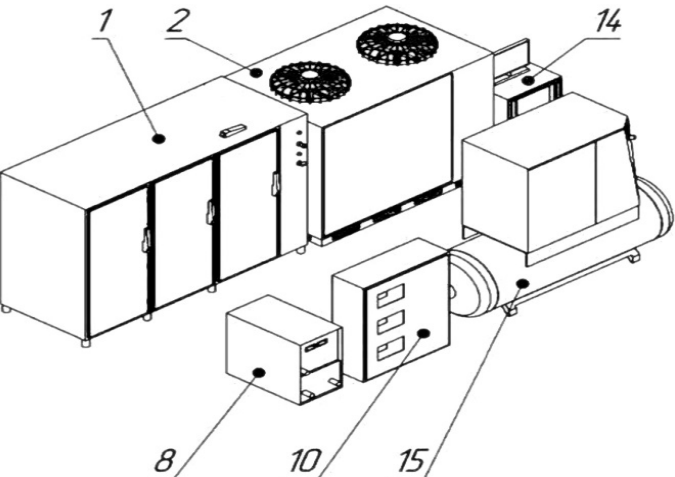
График измерения микротвёрдости по ширине закалённого слоя



Результат:

- Ширина закалённого слоя не менее 20 мм
- Увеличение твёрдости до 695 HV (при твердости основного металла 515 HV)
- Глубина закалённого слоя ок 3 мм
- Допустимые значения остаточных деформаций изделия.

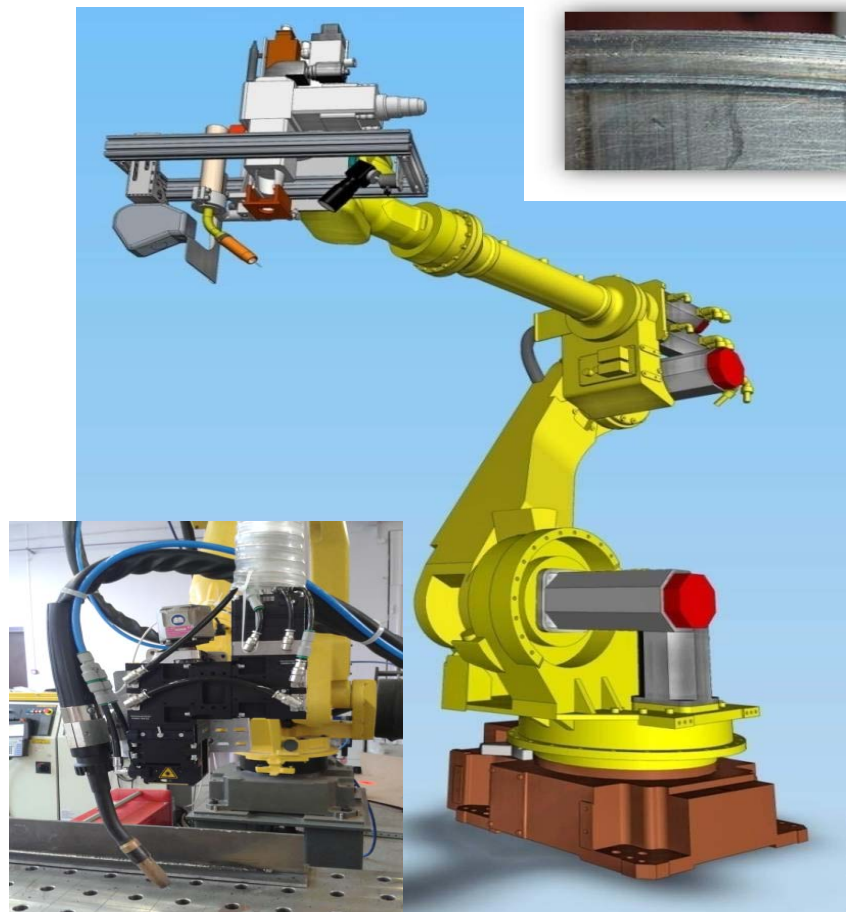
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ



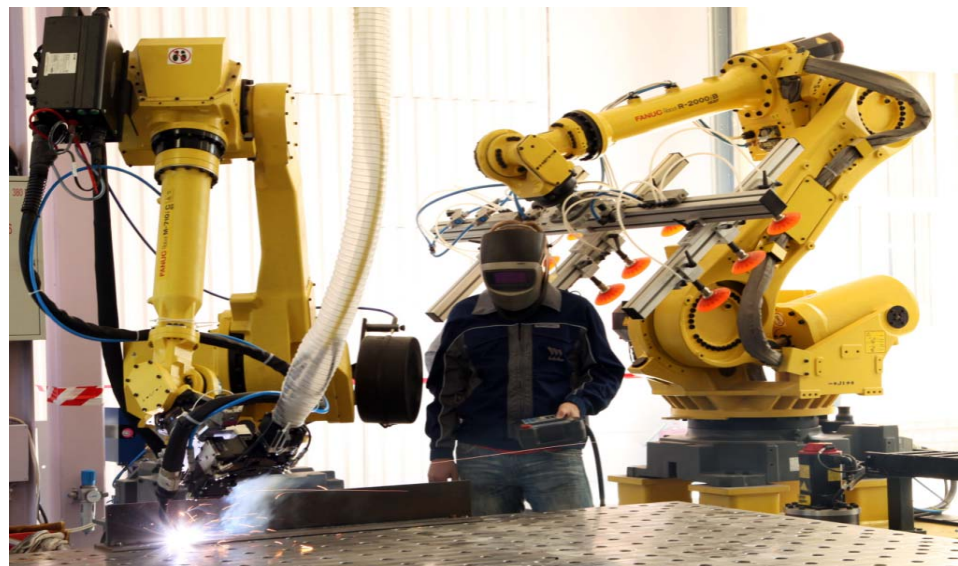
№	Наименование
1, 2	Волоконный лазер ЛС-20 с чиллером
3	Лазерная сварочная головка
4	Манипулятор
5	Лазерно-дуговой модуль
6	Каретка
7	Направляющий пояс
8	Дуговой источник
9	Подающий механизм
10	Система газоподготовки и газораспределения
11	Дуговая горелка
12	Система мониторинга
13	Система видеонаблюдения
14	САУ
15	Компрессор

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Эскиз



Реализация



- Гибридная сварка и лазерная резка
- Мощность лазера до 20 кВт
- Электрическая дуга до 500 А
- Слежение за швом
- Мониторинг процесса

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ И ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ



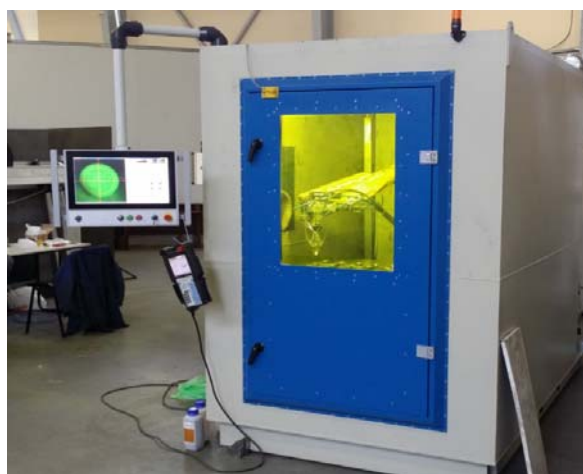
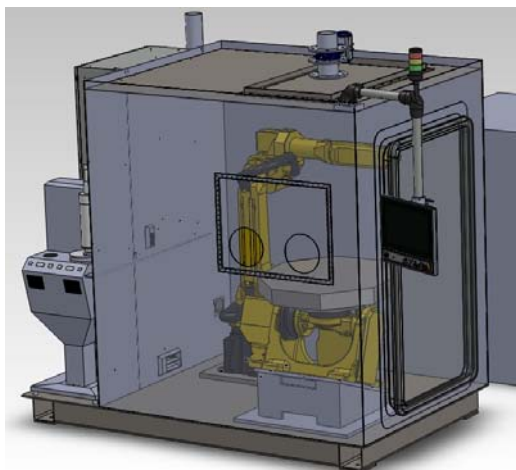
- Hybrid welding & laser cutting
- Laser power – up to 20 kW
- Electric arc – up to 500 A
- Seam tracking system
- Process monitoring



МАКЕТ УСТАНОВКИ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**УМПО
ОДК**

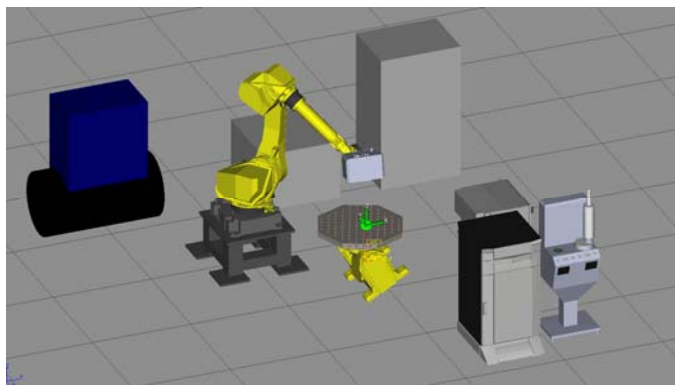


Основные характеристики макета

Размер рабочей зоны технологической установки	D900x600
Мощность лазера	5 кВт
Количество координат манипулятора	6 + 2
Контролируемая рабочая атмосфера	Ar (99.998 %)
Толщина одного наплавленного слоя	от 200 мкм
Производительность	до 1.2 кг/ч для сплавов Ti



Разработка и изготовление роботизированного комплекса для лазерной наплавки и сварки



Основные характеристики комплекса

Достижимость робота	2050 мм
Мощность лазера	4 кВт (4 канала)
Реализуемые технологии	Лазерная сварка Лазерная наплавка Наплавка внутренних поверхностей
Толщина одного наплавляемого слоя	от 200 мкм
Количество смешиваемых порошков	2
Массовый расход порошка	до 5 кг/ч
Производительность	до 50 куб. мм/с
Материалы	Сплавы на основе Fe, Ni, Co, Cu

Отгружен на АО ЦС «Дальзавод» (г. Владивосток)



Опытно-промышленная технологическая установка прямого лазерного выращивания



Основные характеристики установки

Размер рабочей зоны технологической установки	2000x2000x800
Мощность лазера	3 кВт
Количество координат манипулятора	6 + 2
Контролируемая рабочая атмосфера	Ar (99.998 %)
Толщина одного наплавляемого слоя	от 200 мкм
Количество смешиваемых порошков	2
Массовый расход порошка	до 5 кг/ч
Производительность	до 50 куб. мм/с
Материалы	Сплавы на основе Fe, Ni, Co, Cu

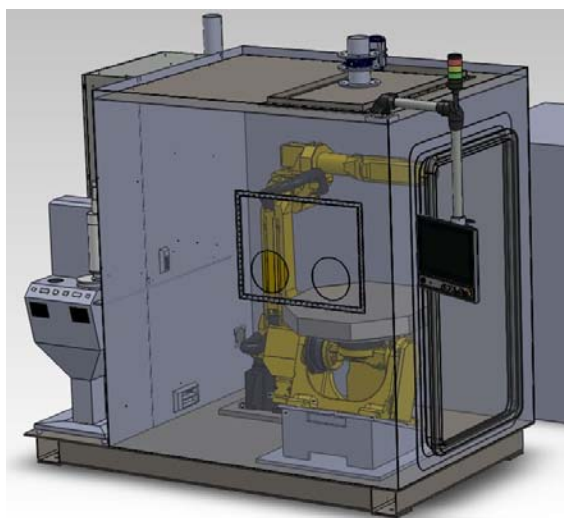


Отгружена на ПАО «КУЗНЕЦОВ» (г. Самара)



ТИПОРАЗМЕРНЫЙ РЯД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

ИЛСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

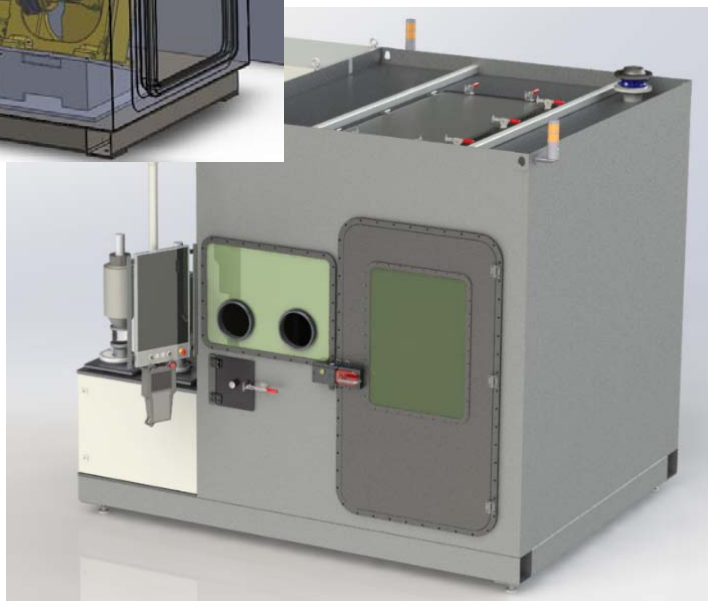


S – Ø 300мм, h 300мм

M – Ø 800 мм, h 500мм

L – Ø 1300мм, h 600мм

XL – Ø 2200мм, h 600мм





Гибридный комплекс для прямого лазерного выращивания и механической обработки крупногабаритных изделий

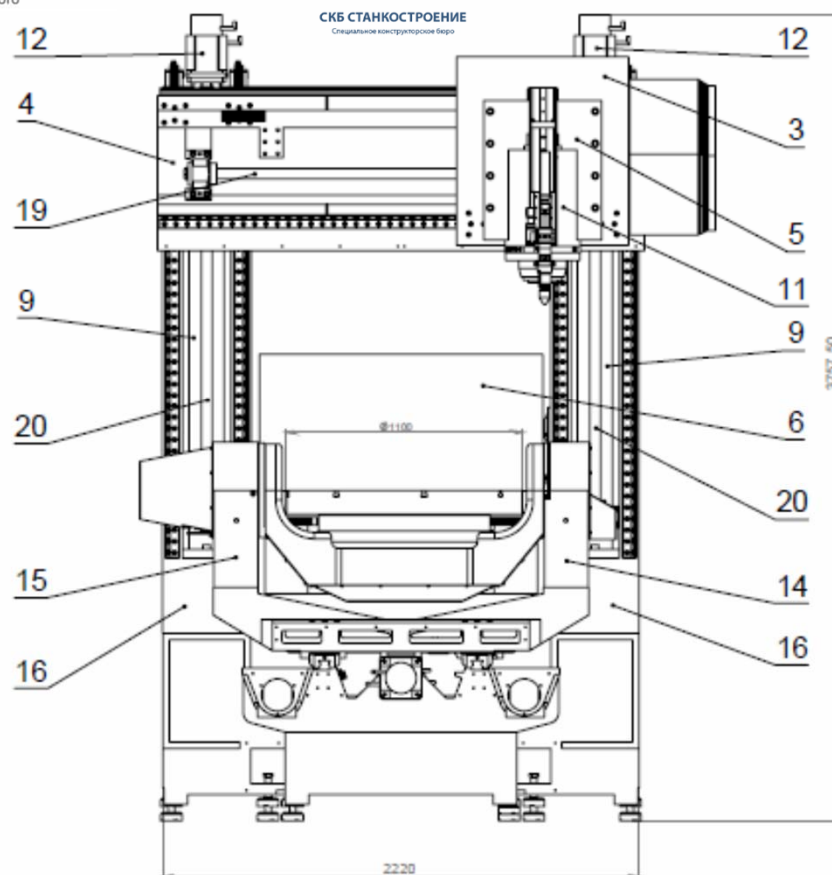
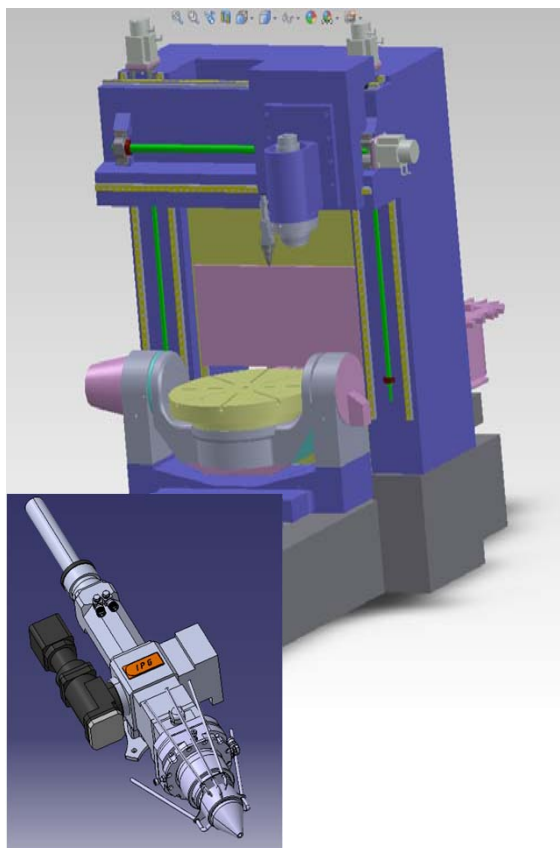
ИЛИСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



СКБ СТАНОКСТРОЕНИЕ
Специальное конструкторское бюро



Наименование параметра	Значение
Перемещение по координатам	
X, Y, Z	770x1300x750
Точность позиционирования по осям X, Y, Z, мм	±0,005
Число одновременно управляемых осей координат	5
Размеры рабочей поверхности планшайбы, мм	Ø 1100
Точность углового позиционирования по осям B, C (при непрерывном отсчете координат), угл. сек.	±3
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до зеркала планшайбы, мм	950
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до оси поворотного стола (ось C), мм	800
Наибольшая масса обрабатываемой детали с технологической оснасткой кг, не более	400
Конус шпинделя	HSK A 100
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	0...10000
Крутящий момент на шпинделе, Н м (S6/S1)	280/180
Емкость инструментального магазина, шт.	30
Время смены инструмента, сек	15
Мощность лазерного излучения, кВт	3
Рабочий инструмент – головка лазерная	+
Коаксиальное кольцевое сопло для подачи порошка	+
Юстировочный узел сопла относительно оптической оси головки	+
Диаметр газопорошковой струи, не более, мм	3
Коаксиальная цифровая HD-камера	+
Диапазон регулировки массового расхода порошка в г/мин	от 0,5 до 30
Фракционный состав транспортируемых порошков, мкм	от 5 до 200
Интегрированная система управления (механическая обработка плюс лазерное выращивание) и автоматического контроля	Siemens Sinumerik 840Dsl
Контактный 3D триггерный датчик. Точность измерения 0,01мм	Renishow omp60



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!