



ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Совет главных сварщиков

**Разработки Института лазерных и сварочных технологий СПбГМТУ.
Практика реализации и роботизация промышленных предприятий**

Е.В. Земляков

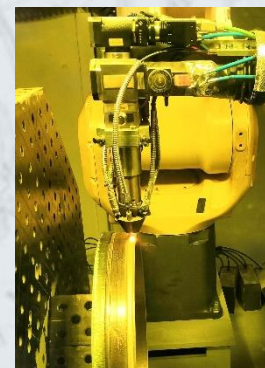
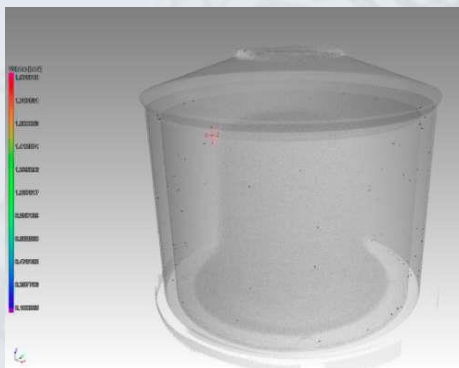
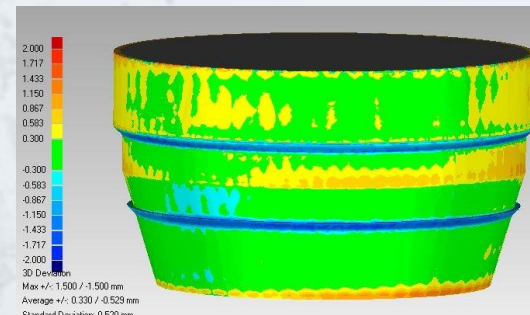
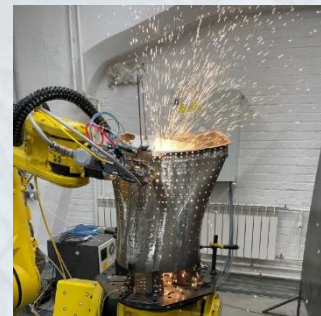
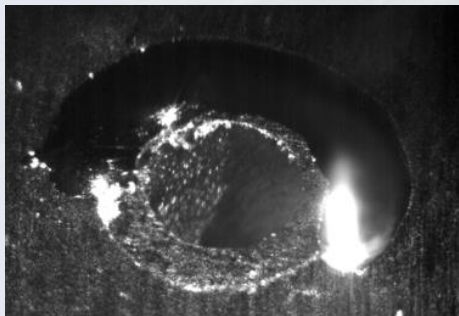


ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЕТЕНЦИИ

2

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Технологии **ЛАЗЕРНОЙ** и гибридной **ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ** сталей и сплавов, в том числе разнородных соединений
- Технологии лазерной **НАПЛАВКИ**, лазерного **УДАРНОГО** упрочнения и **ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ** поверхности;
- **АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**: технологии **прямого лазерного** и **дугового выращивания, СТП**;
- **РОБОТИЗИРОВАННАЯ лазерная 3D-РЕЗКА**
- **СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ** технологическими процессами лазерной обработки материалов;
- Разработка математических алгоритмов и **ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ** для моделирования процессов лазерной, гибридной и электронно-лучевой обработки материалов;
- Разработка систем **ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА** технологического процесса;
- **МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ СВАРКИ**, металлографический анализ и механические **ИСПЫТАНИЯ** сварных соединений в аттестованной лаборатории;
- Разработка конструкторской и технологической документации, ТЭО **ВНЕДРЕНИЯ** лазерных и родственных технологий



ПОТРЕБИТЕЛИ:

Авиационное **ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ**, **РАКЕТНО-Космическая** отрасль,
АТОМНАЯ и тепловая **ЭНЕРГЕТИКА**, **СУДОСТРОЕНИЕ**



ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

3



НЦМУ
ПЕРЕДОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ



Передовые
инженерные
школы



Отдел моделирования
и информационных
технологий

Отдел сопровождения
образовательного
процесса

Организационно-экономический отдел

Материально-хозяйственный отдел

Отделение аддитивных
технологий

Отделение промышленных
лазерных и электрофизических
технологий

Отделение исследований
материалов

Лаборатория «Лазерные и
аддитивные технологии»

Лаборатория «Физическое и
цифровое
материаловедение»

Лаборатория «Тестирование
и исследование
материалов»

Лаборатория «Метрологии
и систем неразрушающего
контроля»

Научно-образовательная лаборатория
«Лаборатория инновационных
технологий и механики разрушения»

Научно-образовательная лаборатория
«Интеллектуальные передовые лазерные
и электрофизические производственные
технологии»

Кафедра цифровых лазерных
технологий

Численность сотрудников: более 150 человек
Объем проектов: более 1,3 млрд. руб./ год



ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ИНСТИТУТЕ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

4

>60

заключенных договоров

на сумму

>1 300

млн. руб

>50

промышленных партнеров

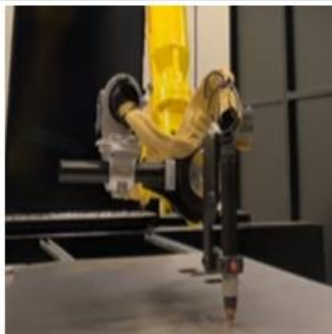


РОБОТИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

5



MIG \ MAG



PLASMA



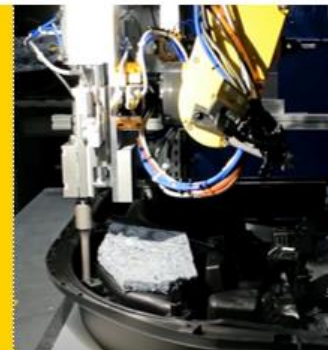
LASER



SPOT



Ultra Sonic



TIG



SAW



FSW





ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОВ

6

1. Увеличение производительности в среднем в 2-4 раз (снижение себестоимости единицы продукции);
2. Стабильное качество выпускаемой продукции;
3. Снижение трудозатрат минимум в 2-3 раза (высвобождение квалифицированных рабочих);
4. Увеличение технологической гибкости производства: робот перенастраивается в разумные сроки на выполнение других операций, при колебаниях спроса в меньшую сторону можно просто сократить часть рабочего времени робота;
5. Экономия рабочего пространства до 70%;
6. Улучшение безопасности и условий труда персонала;



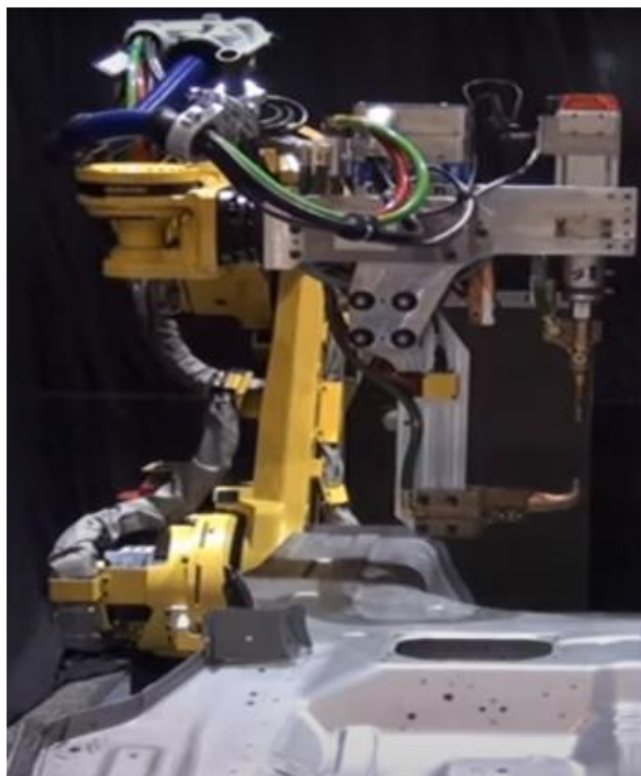
САМЫЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ СПОСОБЫ СВАРКИ ПРИ РОБОТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

7

Дуговые виды сварки (MIG/MAG, TIG, Plasma и др.)



Контактная сварка (точечная, шовная и др.)



Лазерная и Гибридная Лазерная сварка





ЛАЗЕРНО-ДУГОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

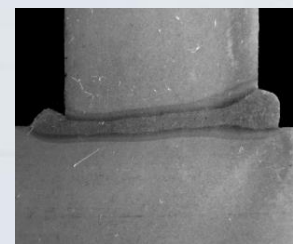
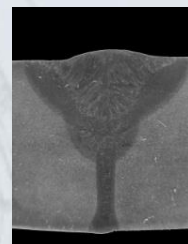
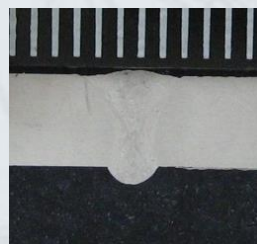
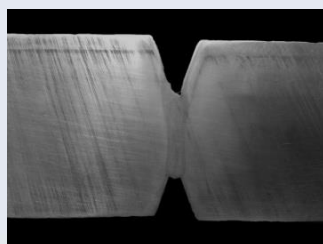
8

ИЛИСТ разрабатывает технологии и оборудование для гибридной лазерно-дуговой сварки трубных, судостроительных, высокопрочных сталей специального назначения, легких сплавов, алюминия и титана



Сварка сталей толщиной до 20мм за один проход, скорость сварки до 3м/мин.

- Стабильность сварочного процесса при высоких скоростях обработки
- Управление структурой и свойствами сварного соединения
- Обеспечение свариваемости специальных сталей и сплавов
- Снижение сварочных деформаций
- Высокое качество сварного соединения
- Повышение скорости сварки в 2-3 раза по сравнению с дуговой сваркой



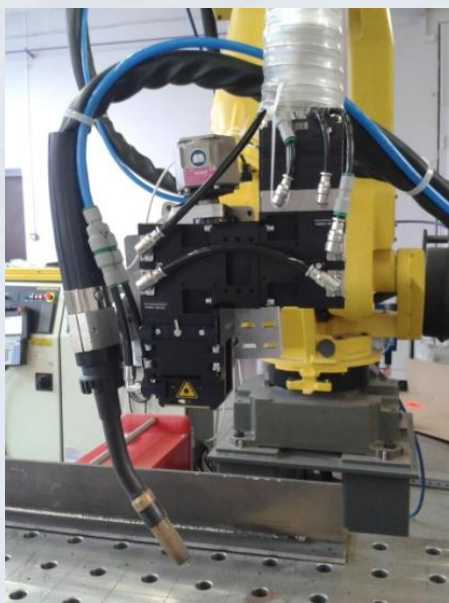


РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ И ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ

9



Мощность лазерного излучения **до 20кВт**
Ток дуги **до 500А**
Манипулятор:
Промышленный робот R~2500



Назначение:

Изготовление корпусных конструкций
морской техники

Технологии:

Лазерная резка, лазерно-дуговая сварка

Материалы:

судостроительные стали,
алюминиевые сплавы



РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ

10



Предназначена для реализации процессов сварки в судостроении, отработки технологических процессов автоматической лазерной и лазерно-дуговой сварки элементов корпусных конструкций морской техники из судостроительных сталей, внедрения в промышленное производство на судостроительных верфях.

Размеры обрабатываемых изделий – до 6х1,5х1,5 м

Масса обрабатываемых изделий – до 40 000 кг

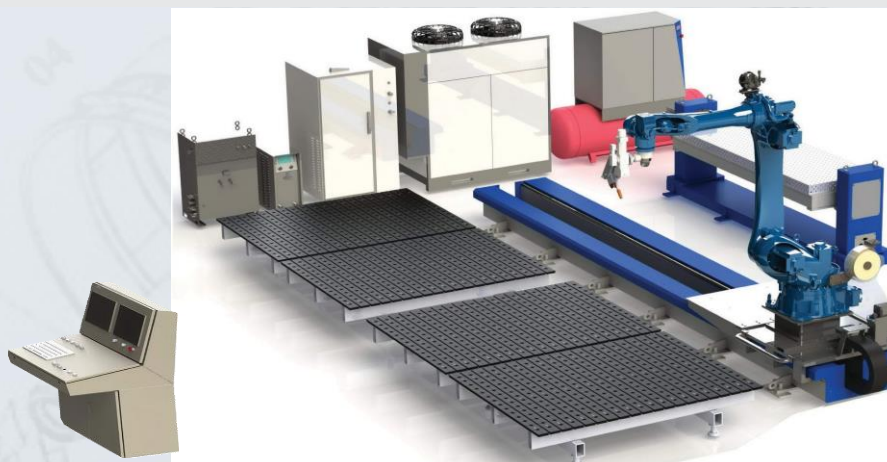
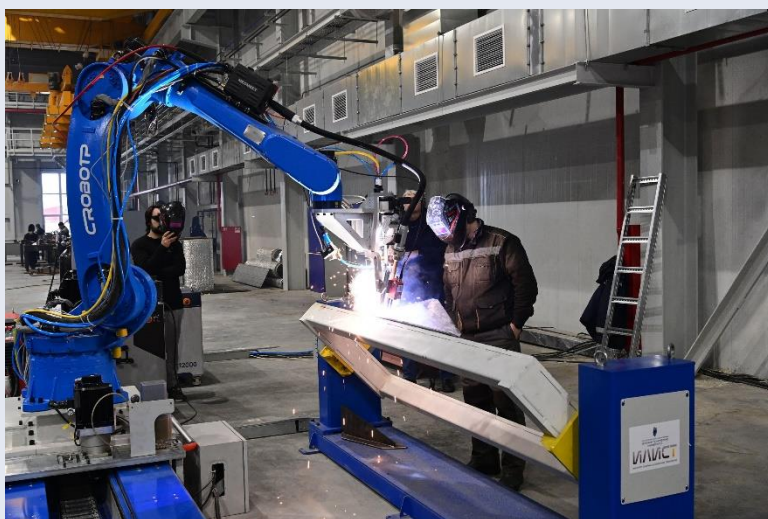
Система перемещения рабочего инструмента, количество координат – 7 (6+1)

Мощность лазерного излучения – до 10 кВт

Сварочный ток – до 500 А

Толщина свариваемых изделий за один проход – до 10 мм

Рабочая скорость – до 6 м/мин



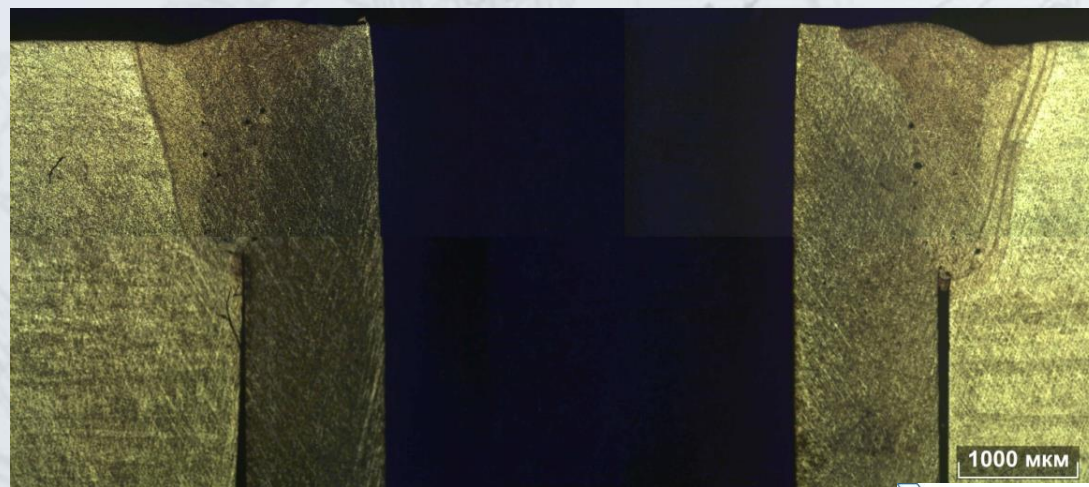
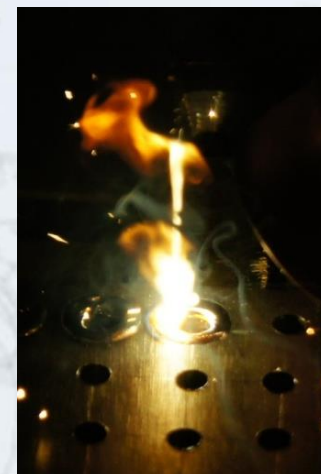
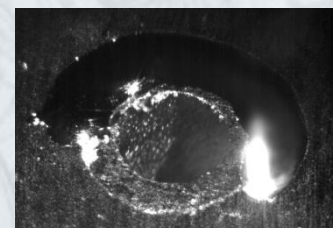
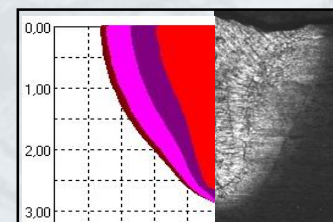
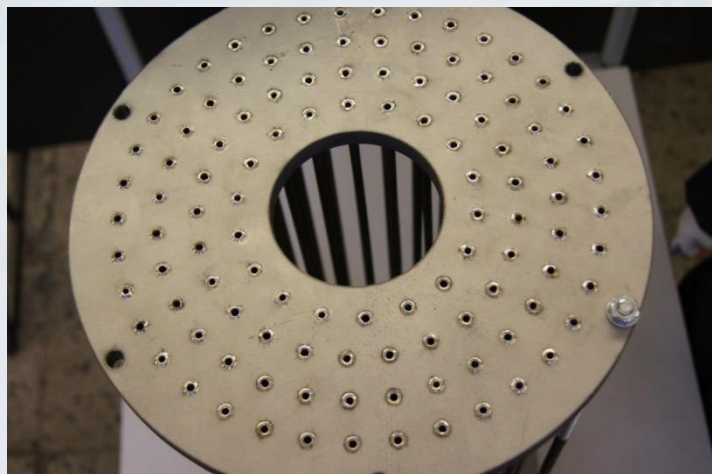
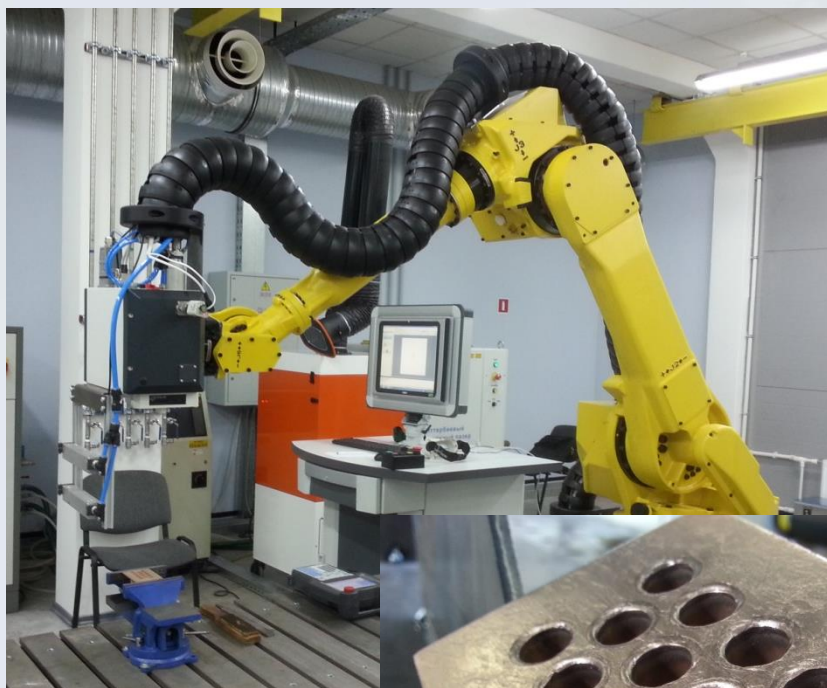
В ПИШ СПбГМТУ создан лабораторный
стенд, где отрабатывается технология
ГЛДС объемных конструкций

С января 2025 года комплекс работает на АО «ОССЗ»



РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

11

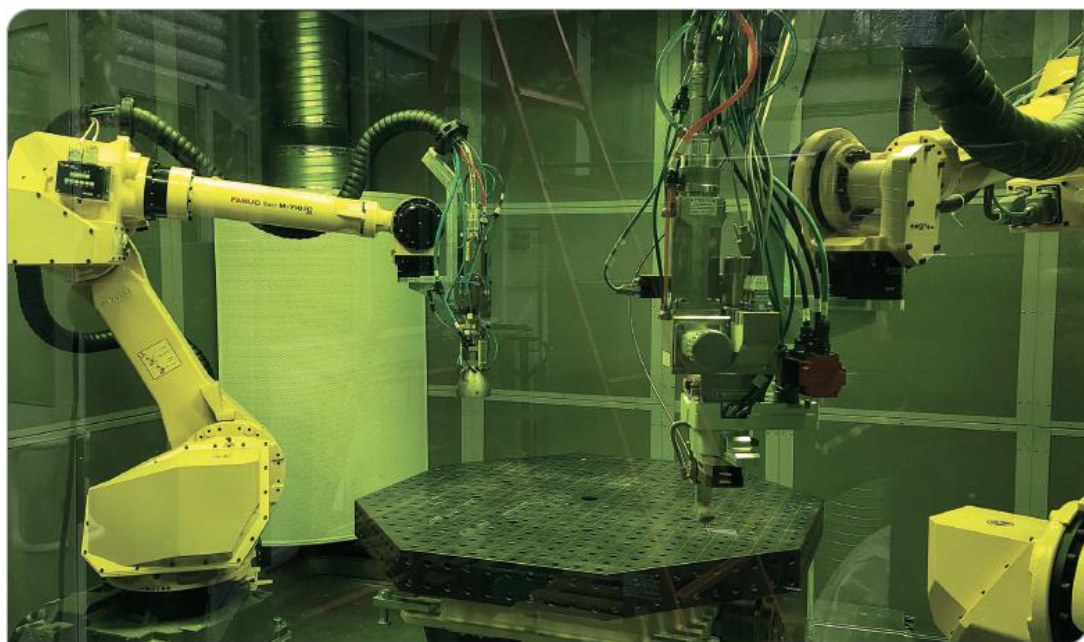




СПЕЦИАЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ



НИКИЭТ
РОСАТОМ



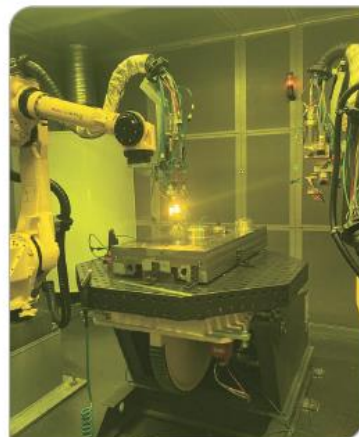
ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ:

Лазер высокой мощности – 20 кВт

Два промышленных робота с двумя технологическими инструментами: для лазерной сварки и лазерной сварки с присадкой в виде проволоки

Кабинетная защита с вентиляционной установкой

Толщина свариваемых изделий – до 20 мм за проход





РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ВНУТРЕННИХ ШВОВ

13





ИЛИСТ-МН МОДУЛЬНАЯ УСТАНОВКА ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

14

Мобильная установка для ремонта

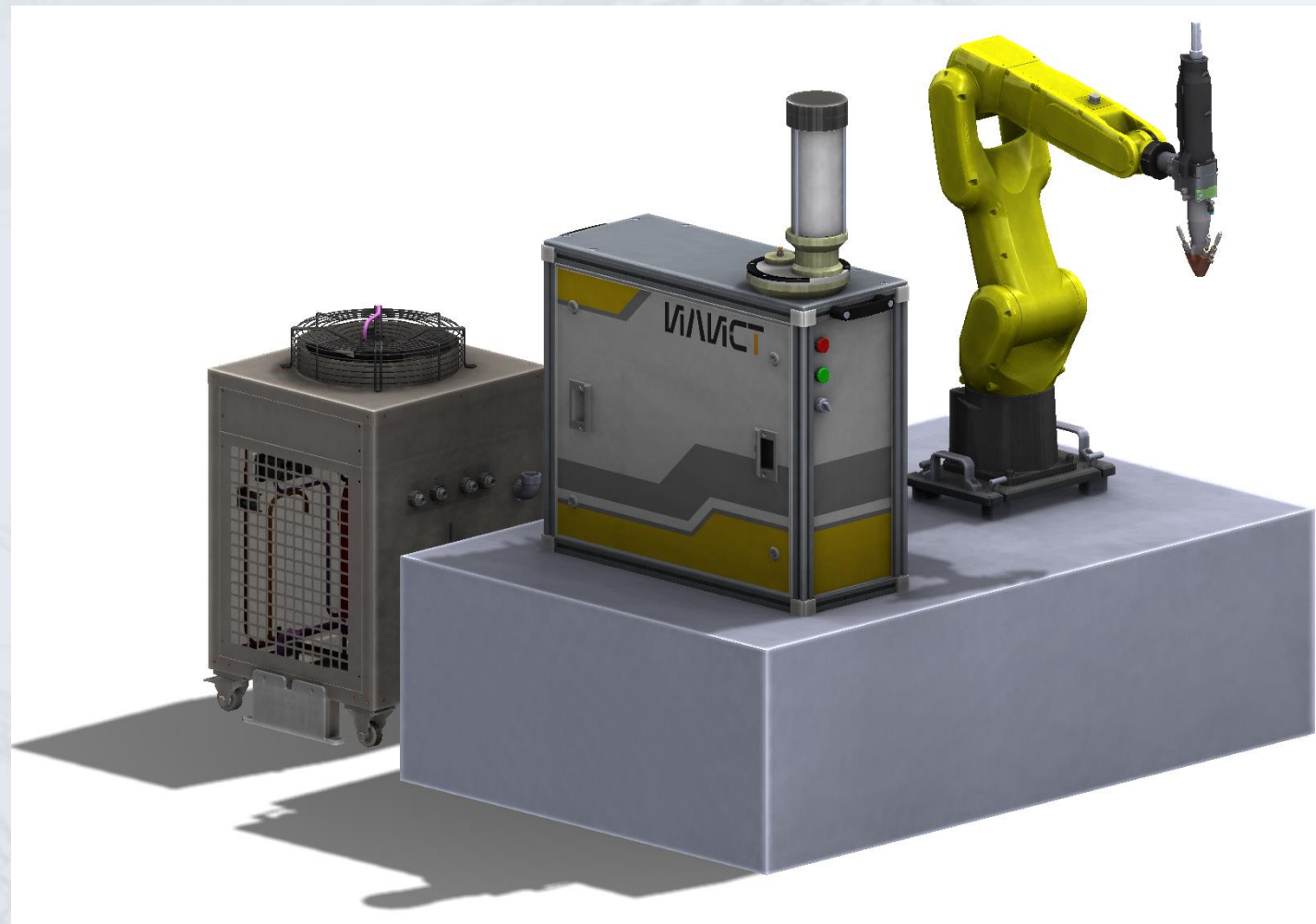
- 4 модуля массой до 50 кг каждый:
 - Лазерно-порошковый модуль
 - Промышленный робот
 - Контроллер робота
 - Чиллер

Лазерно-порошковый модуль:

- Волоконный лазер 2 кВт
- Порошковый питатель на 1 колбу 1,5 литра
- Блок подготовки и распределения газов
- Система автоматического управления
- Технологическая наплавочная головка

Подключается к любому роботу

Полностью обеспечивает технологический процесс лазерной порошковой наплавки





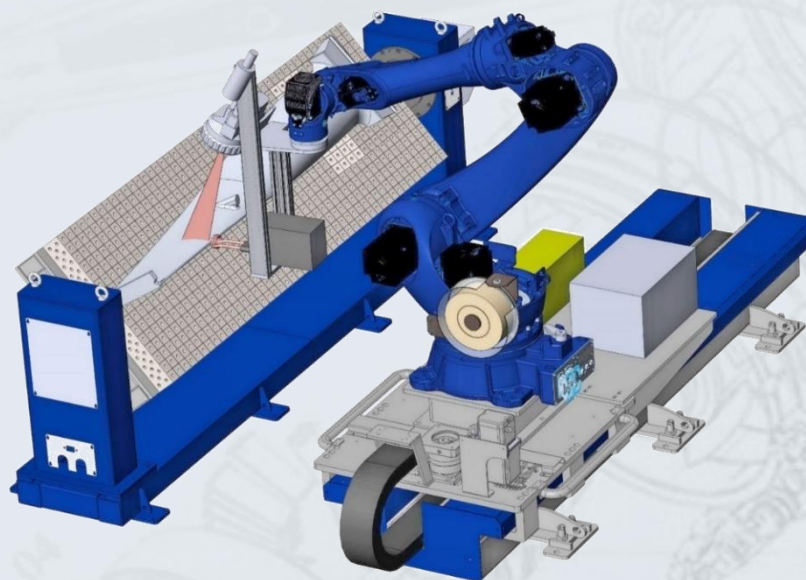
ОПЫТ ИЛИСТ В ЛАЗЕРНО-ИНДУКЦИОННОМ ТЕРМОУПРОЧНЕНИИ

15

Процесс поверхностной упрочняющей обработки с применением двух источников нагрева: лазерного излучения и электромагнитной индукции.

Преимущества:

- ✓ Гибкость производственного процесса
- ✓ Увеличение прочности
- ✓ Увеличение срока службы изделия
- ✓ Минимизация термических напряжений
- ✓ Улучшение эрозионной стойкости

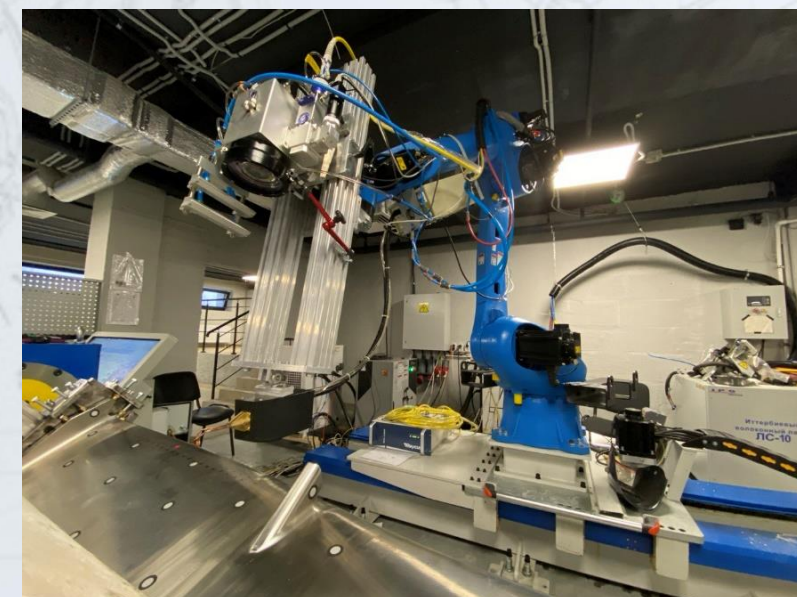
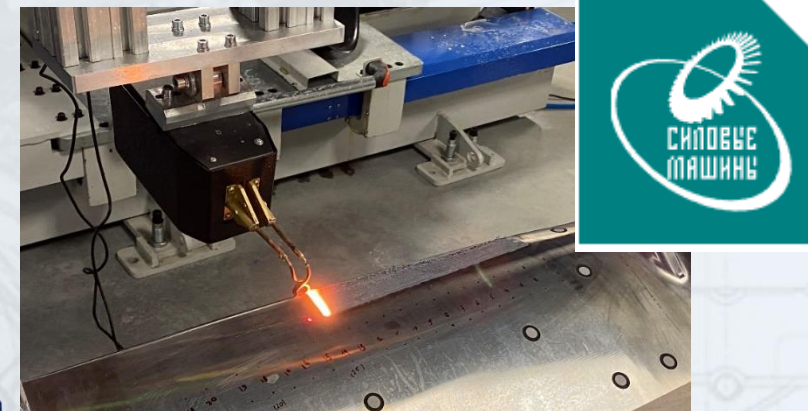


Модель технологической установки для лазерно-индукционного термоупрочнения



Изображение распределения деформаций на лопатке паровой турбины после обработки

Заклучен договор с АО «Силовые машины»
на изготовление и поставку
установки комбинированной закалки
(поставка – октябрь 2025 года)

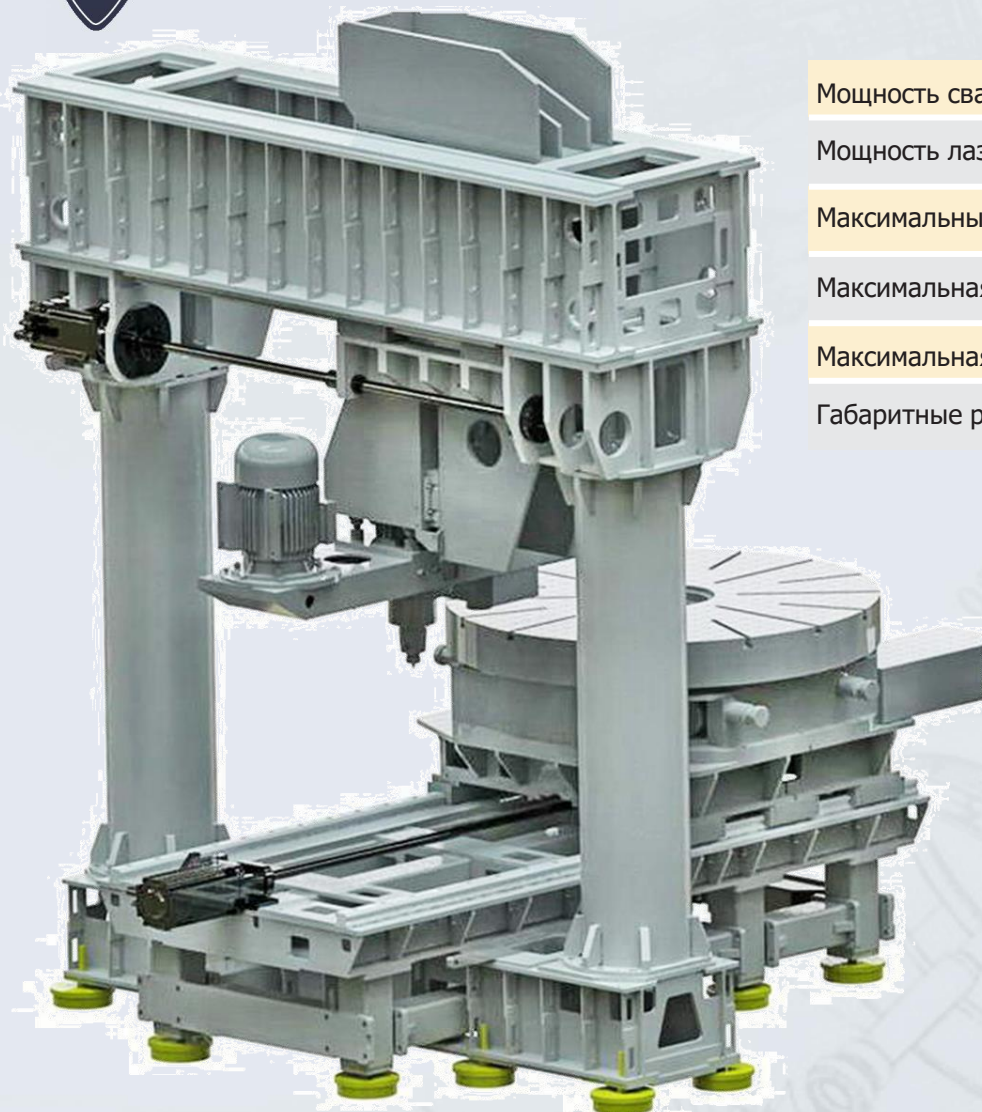


В ПИШ СПбГМУ разработан и изготовлен стенд
комбинированной закалки, выполняются работы по
термоупрочнению партии лопаток для АО «Силовые машины».



РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ И РЕМОНТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ТРЕНИЕМ

16



Характеристики оборудования:

Мощность сварочной головки – 10 кВт

Мощность лазерной системы подготовки поверхности – 3 кВт

Максимальный диаметр выращиваемой заготовки – 1300 мм

Максимальная толщина выращиваемой заготовки – 300 мм

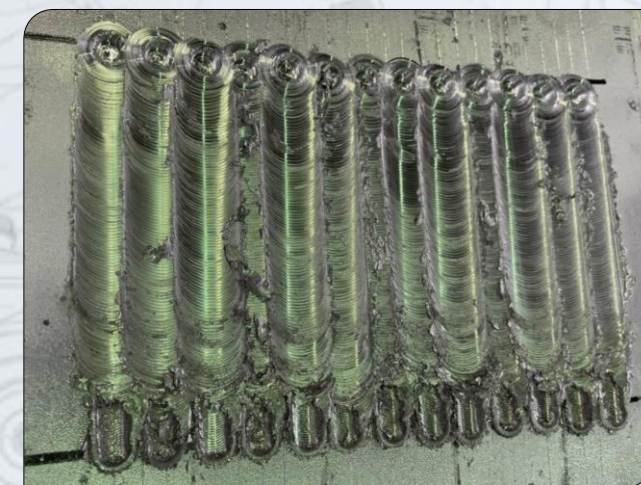
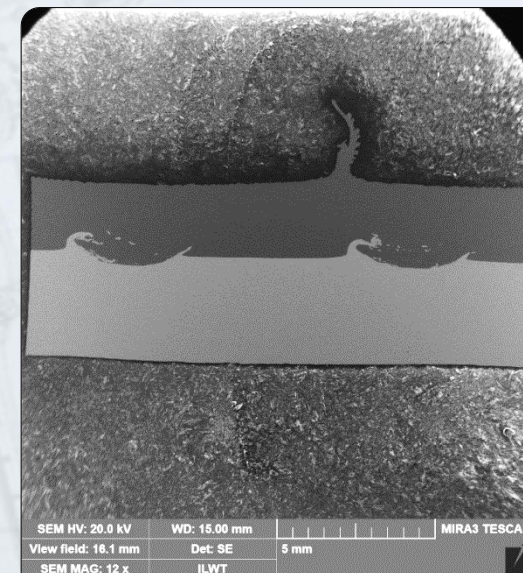
Максимальная толщина наращиваемого слоя – 5 мм

Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм – 5 000 x 5 000 x 4 000

Биметаллическое соединение алюминий-сталь



Металлографический анализ показал, что после соединения внахлест плакированный слой АД1 частично смешивается с основным металлом заготовки из сплава АМг6. При этом остаточный слой плакировки сохраняется вдоль границы соединения





ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

17



ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ – стали, никелевые, титановые, кобальтовые, алюминиевые и медные сплавы и их комбинации

Расширение номенклатуры материалов (жаропрочные бронзы, градиентные материалы, ВЭСы, металло-композиты, проволоки); Использование лазерного излучения видимого диапазона

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА – до 2,5 кг/ч (средняя – 1 кг/ч при плотности 8 г/см³)

Увеличение количества синхронно работающих технологических головок;

Разработка высокопроизводительного технологического инструмента;

Разработка прецизионного технологического инструмента

РАЗМЕР ИЗДЕЛИЯ – максимальный диаметр 3000 мм, максимальная высота 2000 мм.

Проектирование технологических комплексов с рабочей зоной диаметром до 4 м и высотой до 2 м

ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ – 10-13 квалитет (+/- 1 мм на 2 м)

Развитие методик прогнозирования термических деформаций при выращивании крупногабаритных изделий

КАЧЕСТВО – пористость не более 0.01 об.%, шероховатость – Ra6,3 мкм

Методология контроля сырья. Оптимизация технологических процессов изготовления готовых изделий

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Аттестация технологий и паспортизация материалов

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

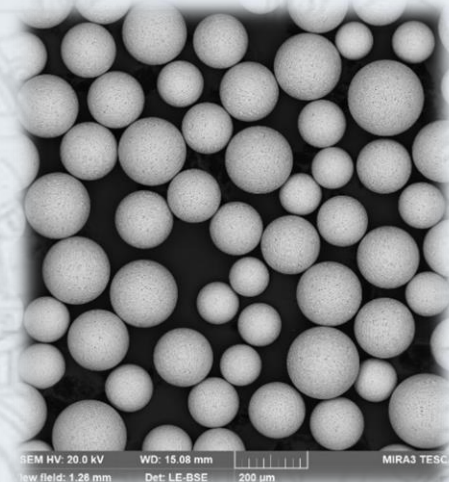
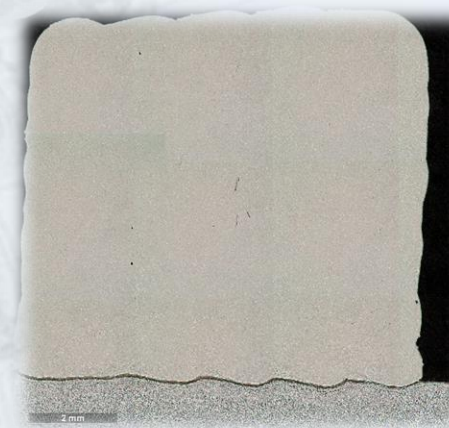
Разработка взрывобезопасных ФВУ и регламентов обслуживания УПЛВ



МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

18

Сплав		ПЛВ			ГОСТ (ТУ/ОСТ)		
		σ _т , МПа	σ _в , МПа	δ, %	σ _т , МПа	σ _в , МПа	δ, %
Стали	12Х18Н10Т	339	607	59	225–315	550–650	46–74
	08Х18Н10	359	616	55	205	510	43
	316L	327	553	51	170	485	40
	09ХН2МД	609	685	21	588	637	18
	06Х15Н4ДМ	532	784	19	620	790	19
	ЭП609	1037	1121	15,3	696	785	9
Никелевые сплавы	Inconel 625	512	805	30	345	760	25
	Inconel 718	1087	1293	18	930	1240	12
	Haynes 230	413	884	38	310	760	35
	ЭП648	476	781	38	350	800	25
	ЭИ698	837	1021	18	706	1128	16
	ЭП718	1247	900	14,3	620	980	7
Титановые сплавы	BT6	925	1026	14	–	885	8
	BT20	1100	1159	10	–	930–980	6–12
	ТЛЗ	539	588	8	440	490	10
	ТЛ5	745	827	14	590	640	8–14
	ПТ-3В	800	855	19	590	635–885	11
Al-сплавы	5356	118	237	21,2	138	275	15
	AMr6	153	290	15,9	150	310	15
	1575	240	340	12,7	290	400	11
	1580	139	256	19,9	265	370	15





ЛИНЕЙКА УСТАНОВОК ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

19



ИЛИСТ-М

- Робот + 2х осевой позиционер
- Изделие: $\varnothing$ 1300 мм, h=800 мм
- Масса изделия: до 100 кг
- Производительность: 60 120 см³/ч
- Волоконный лазер: 1,5 кВт 3 кВт
- Порошковый питатель: 2 x 5 л



ИЛИСТ-Л

- Робот + 2х осевой позиционер
- Изделие: $\varnothing$ 1300 мм, h=800 мм
- Масса изделия: до 400 кг
- Производительность: 120 240 см³/ч
- Волоконный лазер: 3 кВт 6 кВт
- Порошковый питатель: 2 x 5 л



ИЛИСТ-XL

- Робот + 2х осевой позиционер
- Изделие: $\varnothing$ 2100 мм, h=1000 мм
- Масса изделия: до 400 кг
- Производительность: 120 350 см³/ч
- Волоконный лазер: 3 кВт 6-12 кВт
- Порошковый питатель: 2 x 5 л



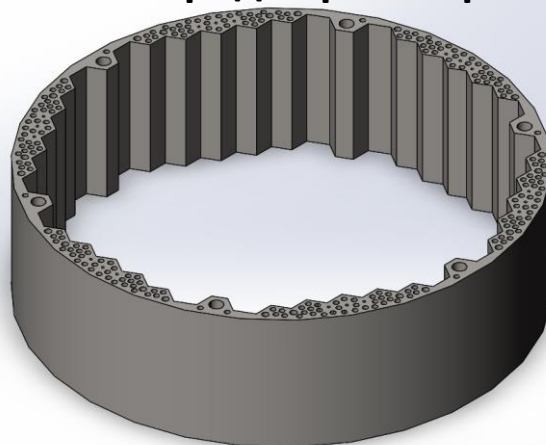
НА ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ В АТОМНУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

20



РУСАТОМ
АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
РОСАТОМ

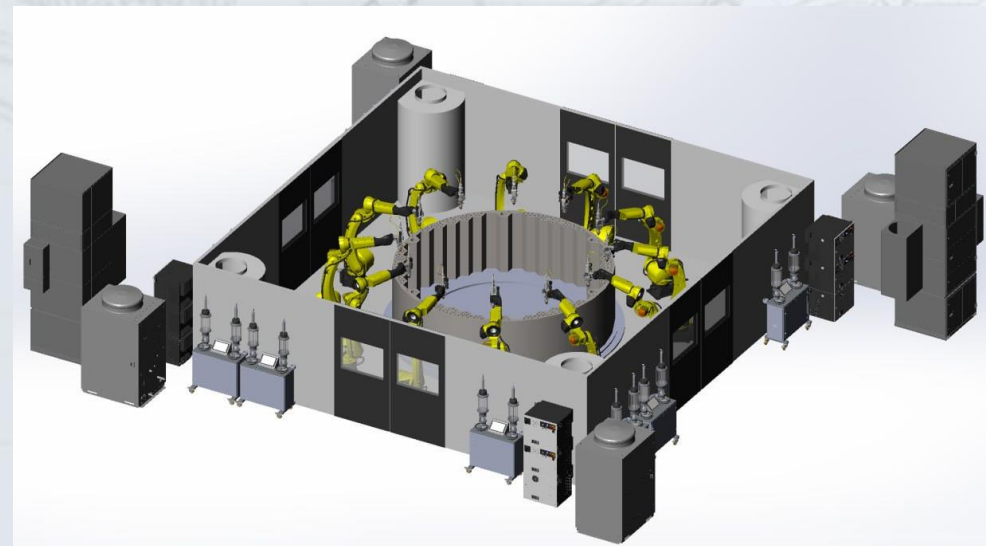
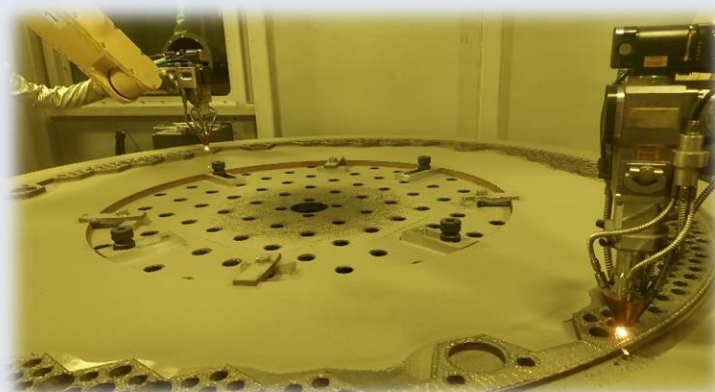
Выгородка реактора



Диаметр 3500 мм, Высота 1000 мм
Масса 9000 кг



Фрагмент выгородки
Материал: 08X18H10T
Масса: 700 кг
Время выращивания: 20 д.
Высота: 1000 мм





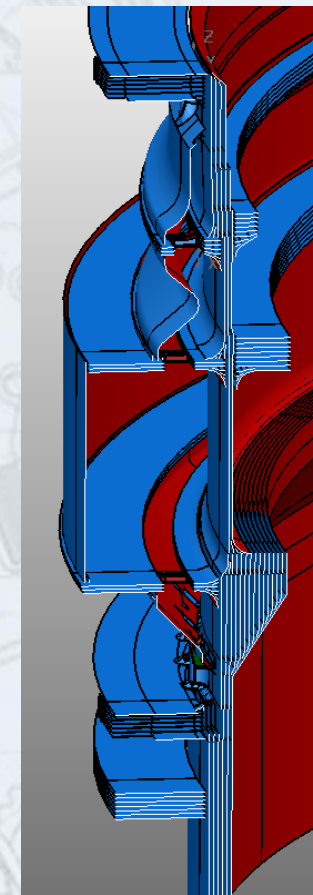
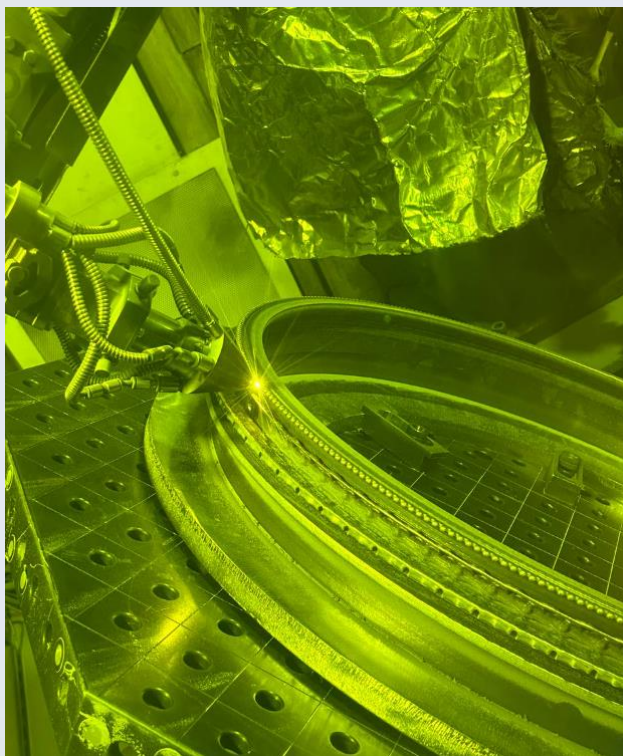
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛИ-ДЕМОНСТРАТОРА

21

Корпус ТВД

Материал: ЭП718

Общая масса заготовки: 40 кг



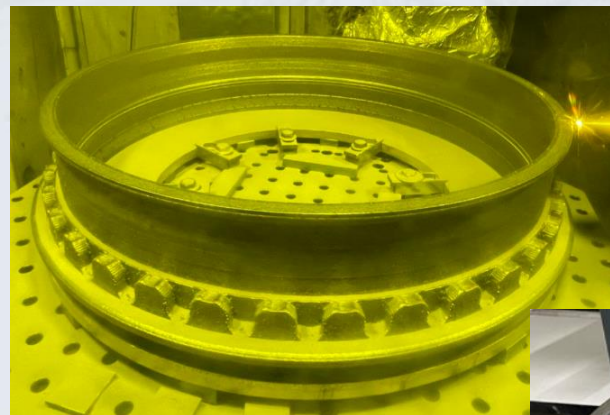


ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ-ДЕМОНСТРАТОРОВ

22

Корпус жаровой трубы

Материал: ЭП718



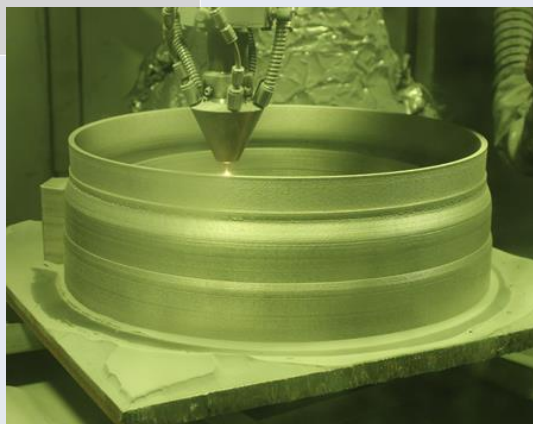
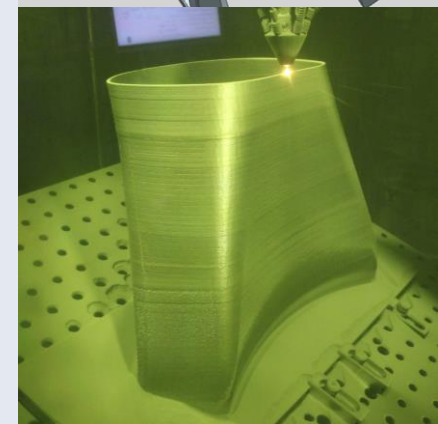
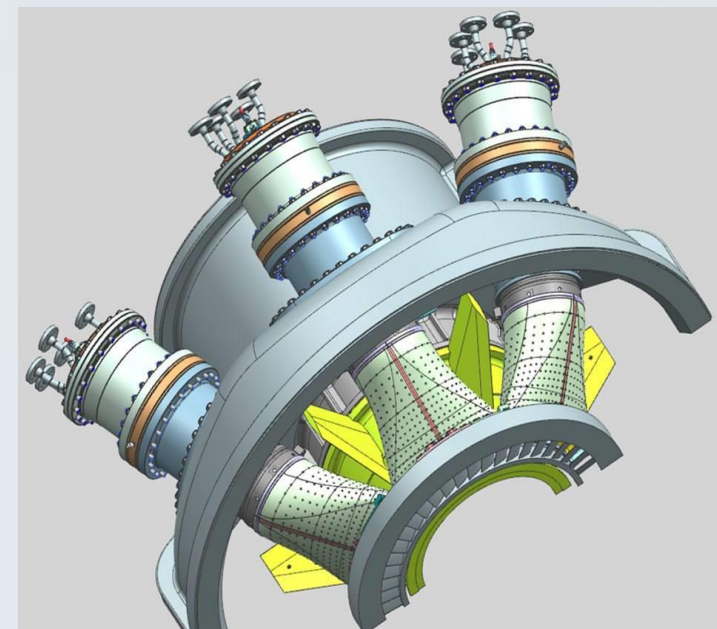
Кольцо ВНА
Материал: ЭП609





ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГАЗОСБОРНИКА ГТЭ-65.1

23

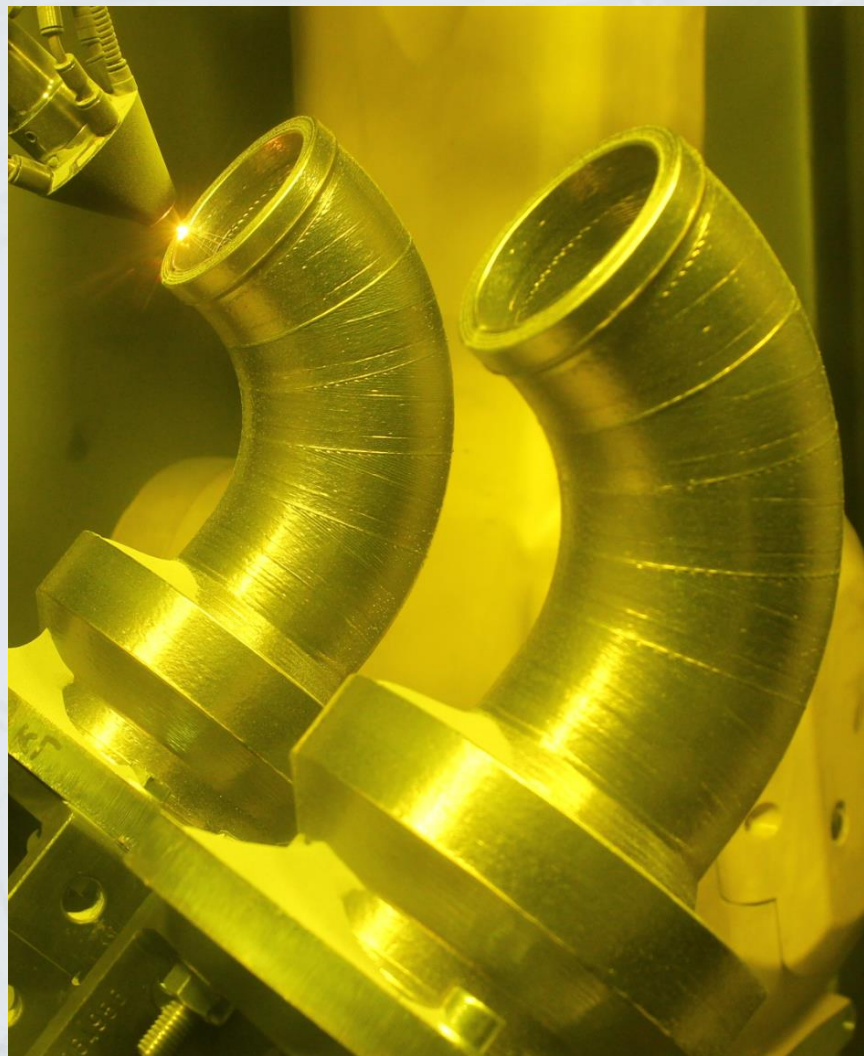


ИЛЛСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

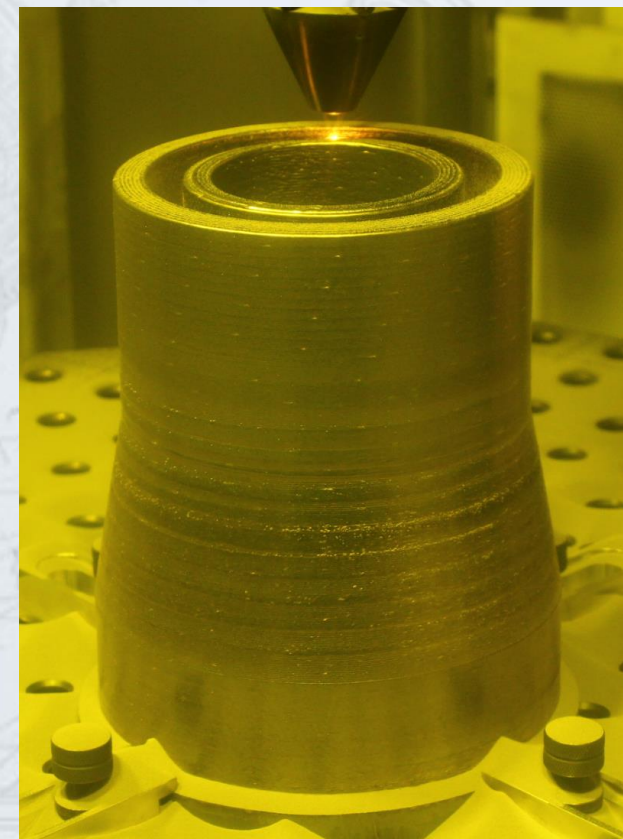


ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛВ НА НПО ЭНЕРГОМАШ

24



ИЛМСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

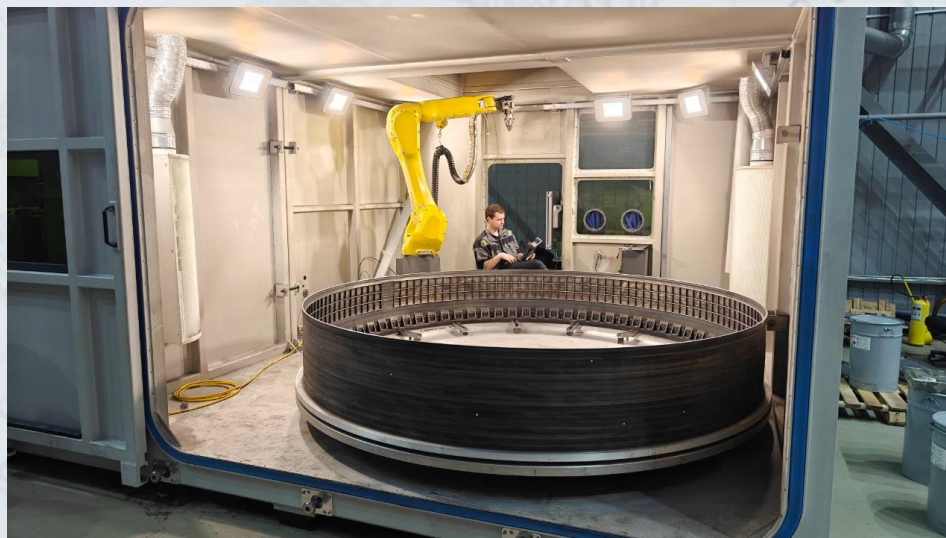
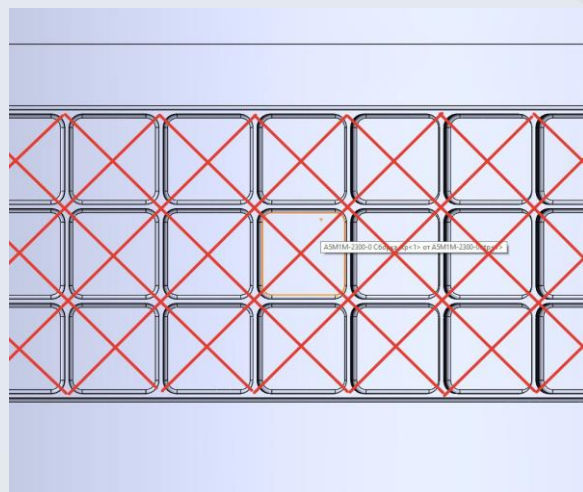
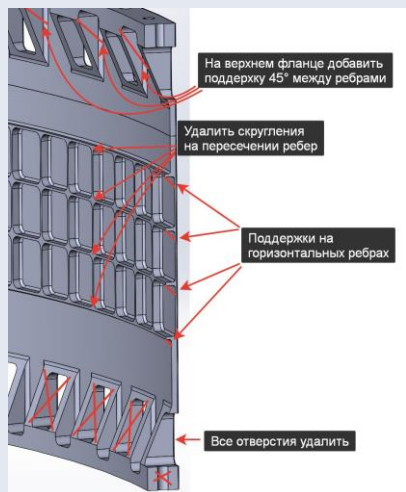
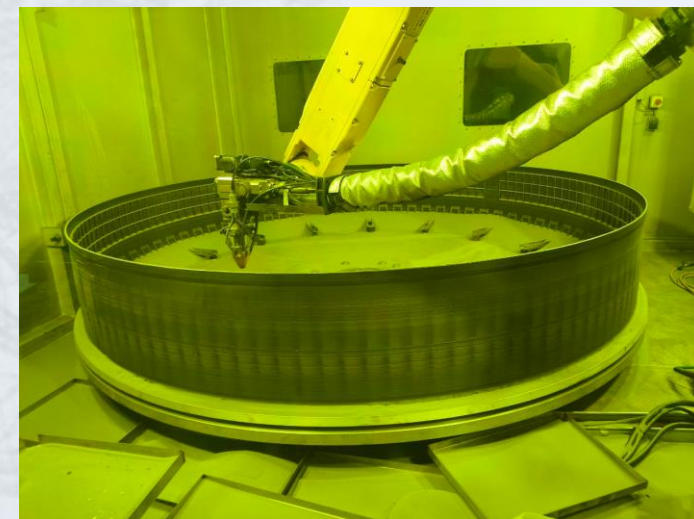
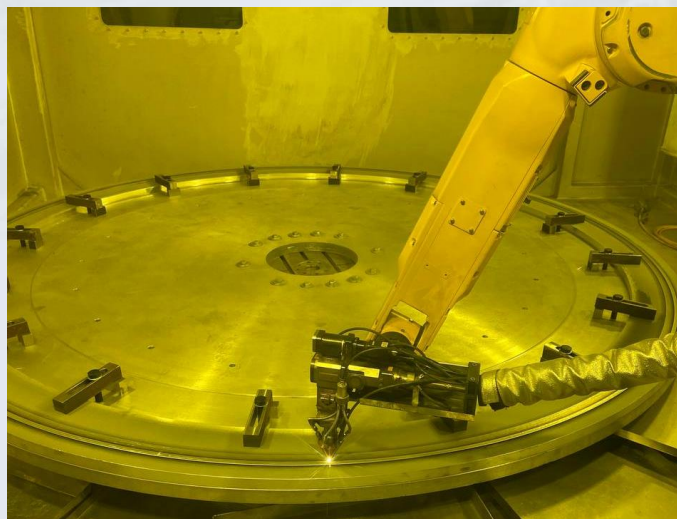
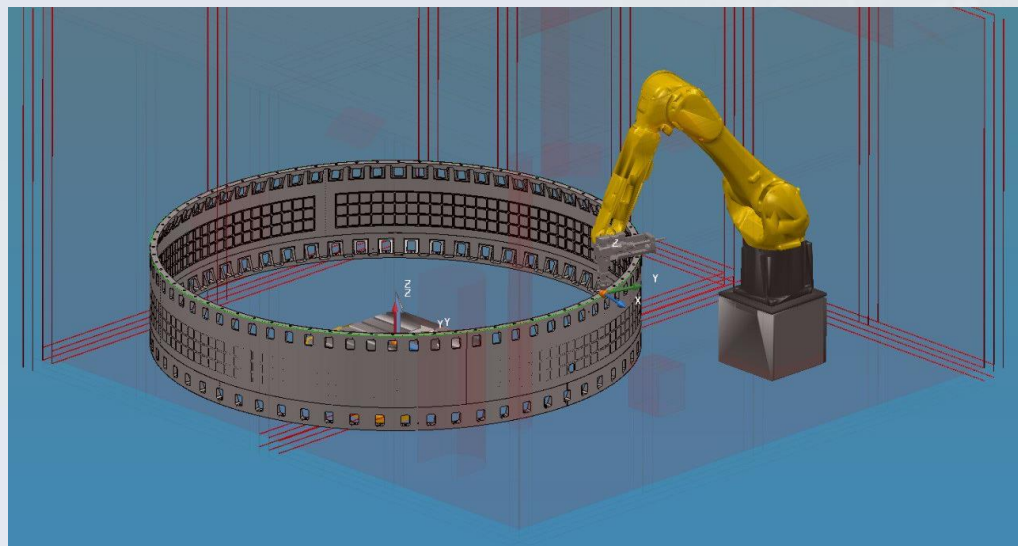


НПО ЭНЕРГОМАШ
им. академика В.П. Глушко



ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТСЕКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

25



ИЛЛСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Kompozit
КОМПОЗИТ

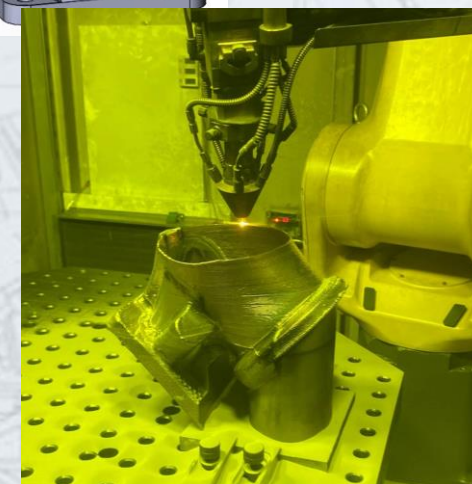
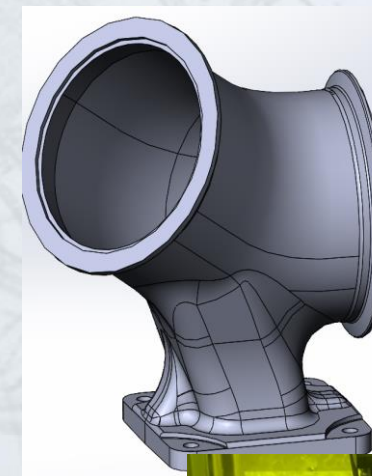
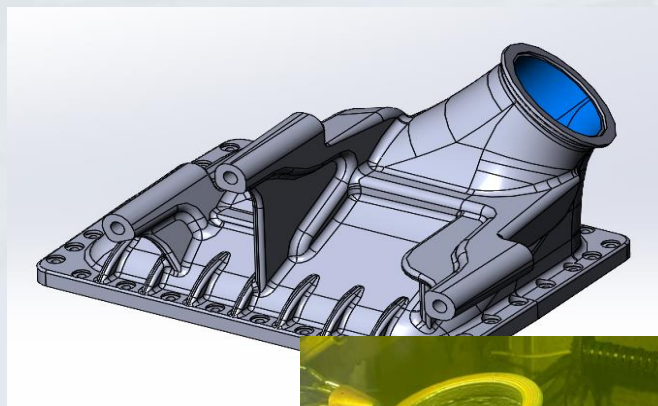
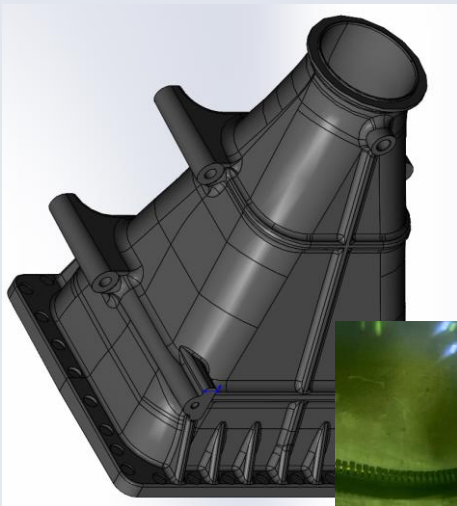
*Research, development
& production corp.*



ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛВ В ТРАНСПОРТНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

26

группа
синара





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!