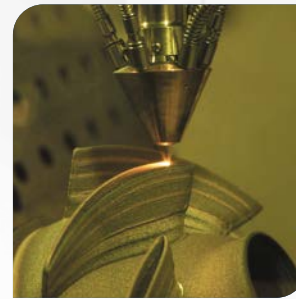




САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ЛАЗЕРНЫЕ
И АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ



ИЛЛМСТ
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СПбГМТУ – легендарный российский вуз, который не только развивает уникальные традиции отечественного кораблестроения, но и участвует в создании новейших технологий. Это единственный в стране университет для подготовки первоклассных инженеров по всем судостроительным специальностям. Основные направления – проектирование, постройка и техническая эксплуатация морских судов, а также технических средств обеспечения разведки и добычи нефти, газа и других полезных ископаемых на морском дне.

Интеллектуальный центр российского судостроения, гордость Санкт-Петербурга – морской столицы России. За свою более чем 90-летнюю историю университет подготовил десятки тысяч специалистов, проявивших себя в различных областях. Среди выпускников – известные политики и министры, гениальные конструкторы и инженеры, а также блестящие деятели науки и культуры.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:

- Методы проектирования, постройки и ремонта кораблей, судов, платформ и сооружений
- Методы и технические средства изучения и освоения ресурсов Арктики и Мирового океана
- Лазерные и сварочные технологии, промышленная робототехника, аддитивные технологии
- Физико-технические и технологические проблемы энергетики морской техники, других энергетических установок и устройств
- Методы и технические средства совершенствования энергосберегающих технологий
- Технологическое оснащение для изготовления и ремонта энергетического оборудования
- Методы оценки экономической эффективности промышленных предприятий, совершенствование системы управления их деятельностью
- Экология и охрана окружающей среды

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

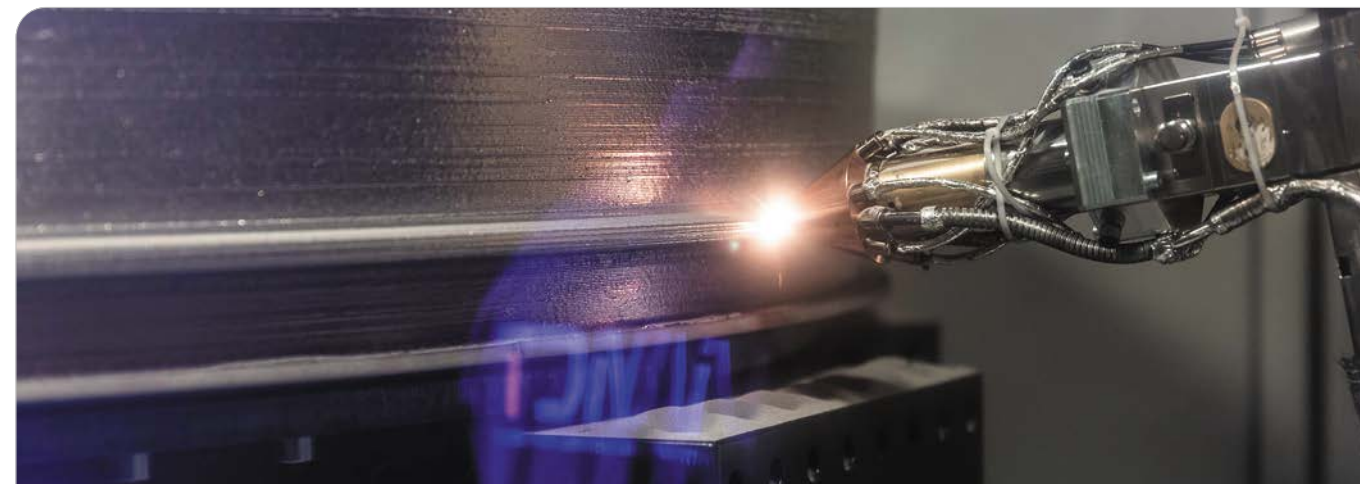
Институт лазерных и сварочных технологий (ИЛИСТ) основан в 1998 году для исследований и разработок в области лазерных и гибридных лазерно-дуговых технологий обработки материалов.

На сегодняшний день Институт лазерных и сварочных технологий – ведущая научная школа в России и одна из крупнейших в Европе структур в области лазерных технологий.

Уникальный опыт, кадровый потенциал и научно-техническая база позволяют Институту строить и поддерживать партнерские отношения с предприятиями и научными организациями в рамках российских и международных проектов.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ:

- Аддитивные технологии
- Лазерная и гибридная лазерно-дуговая сварка
- Лазерная наплавка и лазерная термообработка
- Материаловедение
- Математическое моделирование
- Разработка оборудования



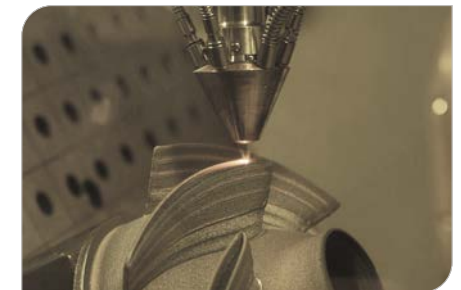


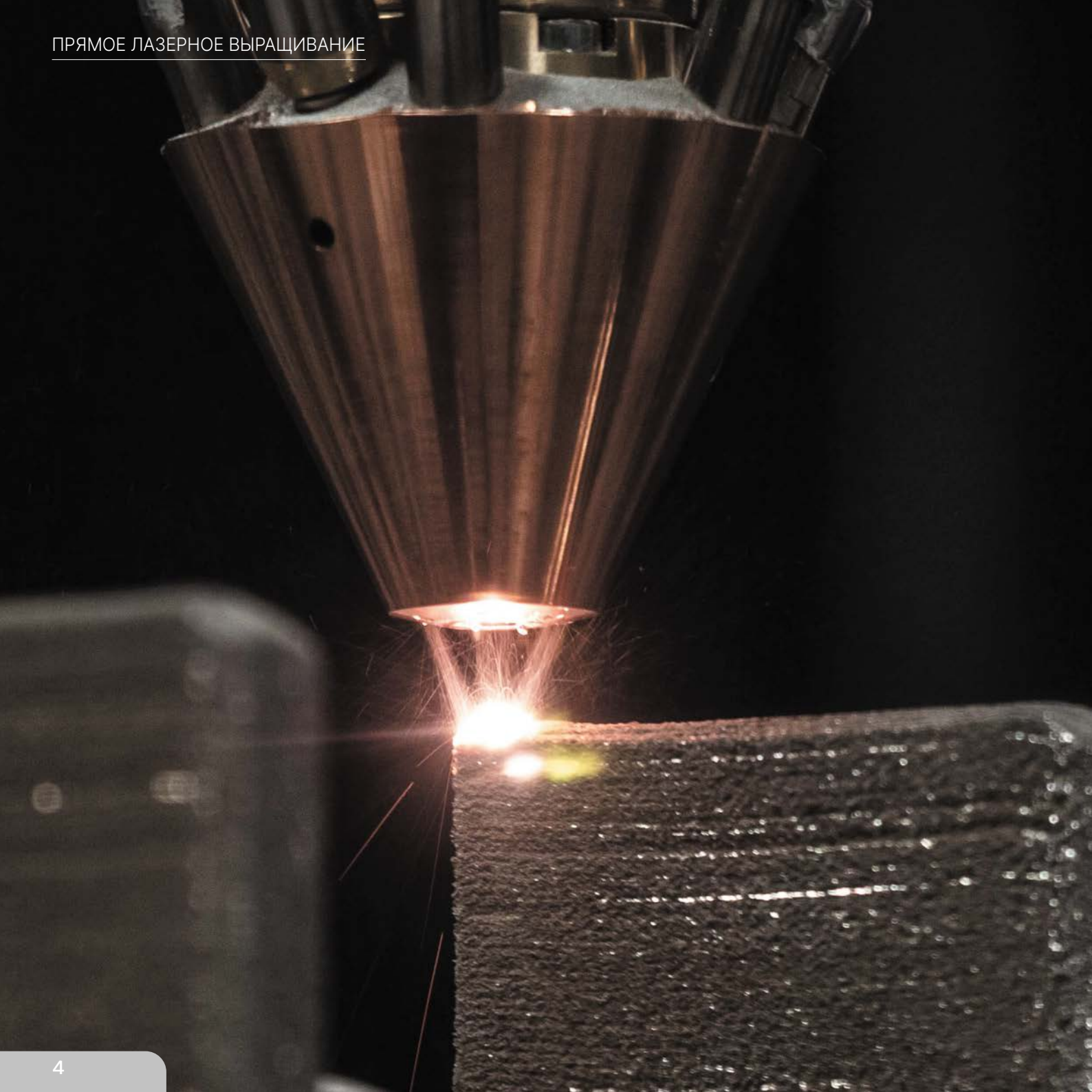
ТЕХНОЛОГИЯ: ПРЯМОЕ ЛАЗЕРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ

Технология создания высокоточных заготовок изделий сложной формы из металлических порошков по заданным 3D-моделям. Изделие строится из порошка, подаваемого в зону воздействия лазерного луча. Геометрия определяется программно заданной траекторией движения технологического инструмента.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ:

- Изготовление крупногабаритных деталей – диаметром до двух метров, весом до 8000 кг
- Отсутствие пор, несплавлений и трещин
- Механические свойства на уровне проката
- Высокая производительность выращивания – до 2,5 кг/ч
- Возможность создания сложнопрофильных тонкостенных изделий с одного нажатия кнопки
- Возможность создания градиентных изделий – с переменным химическим составом и физическими свойствами
- Минимальные припуски на последующую обработку
- Создание гибридных конструкций: комбинация аддитивных и традиционных технологий (сварка, литье, штамповка, механическая обработка и др.)
- Нанесение функциональных покрытий в процессе выращивания
- Многофункциональность технологических комплексов: лазерные сварка, наплавка, термоупрочнение, резка в одной машине





СЕМЕЙСТВО РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВОК ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ «ИЛИСТ»



ИЛИСТ-L – базовая модель роботизированной установки прямого лазерного выращивания. Размеры выращиваемых изделий: Ø 1300 мм, h – 800 мм, масса – до 400 кг.



ИЛИСТ-M – размеры выращиваемых изделий: Ø 600 мм, h – 400 мм, масса – до 100 кг.



ИЛИСТ-XL – размеры выращиваемых изделий: Ø 2200 мм, h – 600 мм, масса – до 1200 кг.



ИЛИСТ-2XL – размеры выращиваемых изделий: Ø 2200 мм, h – 1000 мм, масса – до 8000 кг.



РОБОТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ «ИЛИСТ-М»

ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ:

- Размер выращиваемого изделия – до Ø 600 мм, h – 400 мм
- Максимальный вес изделия – 100 кг
- Волоконный лазер мощностью 1,5 кВт
- Производительность – до 50 см³/ч
- Контролируемая атмосфера чистого аргона – 4,5 м³
- Порошковый питатель на 1 колбу
- Робот FANUC M10iD/12
- Фильтровентиляционная установка
- Вакуумируемый шлюз

ОПЦИОНАЛЬНО:

- Лазерная резка





РОБОТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ «ИЛИСТ-L»

ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ:

Размер выращиваемого изделия – до $\varnothing 1300$ мм, h – 800 мм

Максимальный вес изделия – 400 кг

Волоконный лазер мощностью 3 кВт

Производительность – до 125 см³/ч

Контролируемая атмосфера чистого аргона – 9 м³

Порошковый питатель на 2 колбы

Фильтровентиляционная установка

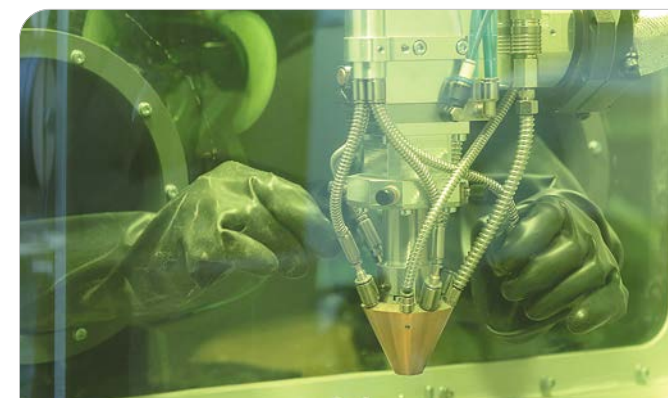
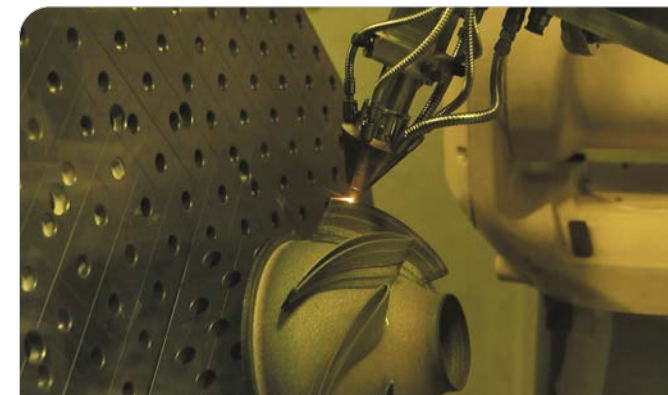
8 синхронно управляемых осей

Набор сопел подачи порошка с быстрой заменой

Вакуумируемый шлюз

ОПЦИОНАЛЬНО:

Увеличенная высота изделия – до 1200 мм





РОБОТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ «ИЛИСТ-XL»

ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ:

Размер выращиваемого изделия – до $\varnothing 2200$ мм, h – 600 мм

Максимальный вес изделия – 1200 кг

Волоконный лазер мощностью 3 кВт

Робот Fanuc M20iB/25

Позиционер Fanuc с двумя осями

Производительность – до 125 см³/ч

Контролируемая атмосфера чистого аргона – 15 м³

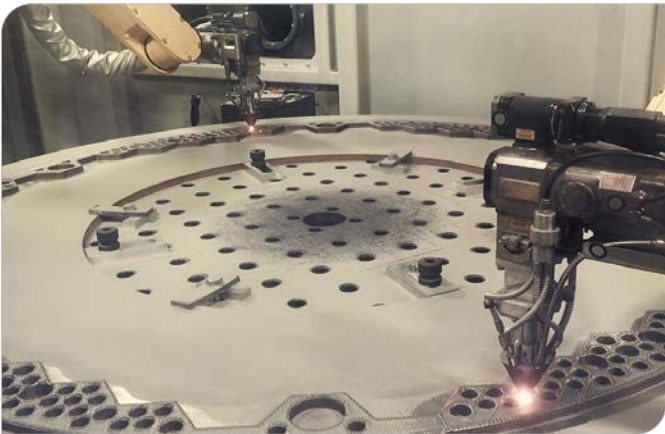
Порошковый питатель на 2 колбы по 5 литров

9 синхронно управляемых осей

Набор сопел подачи порошка с быстрой заменой

Вакуумируемый шлюз





РОБОТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ «ИЛИСТ-2XL»

ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ:

Размер выращиваемого изделия – до Ø 2200 мм, h – 1000 мм

Максимальный вес изделия – до 8000 кг

Два волоконных лазера мощностью 4 кВт

Два робота Fanuc M20iB/25

Производительность – до 250 см³/ч

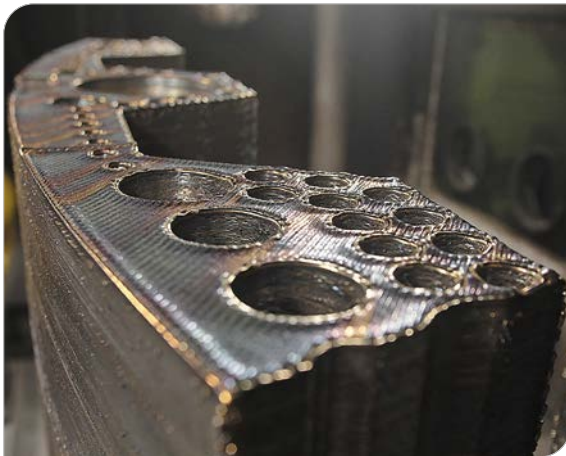
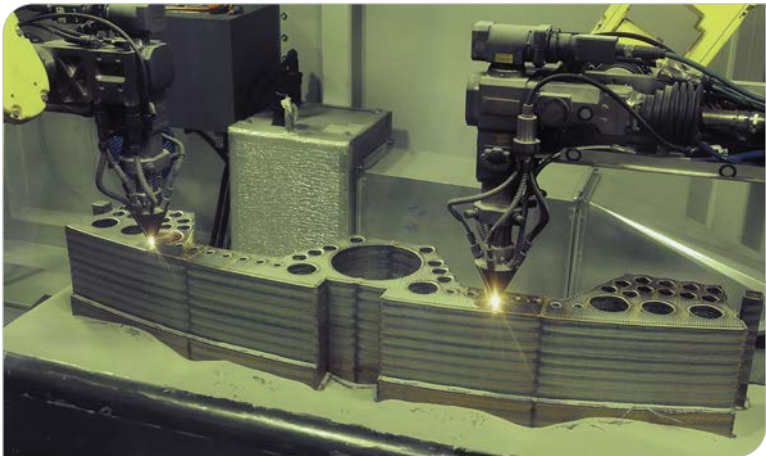
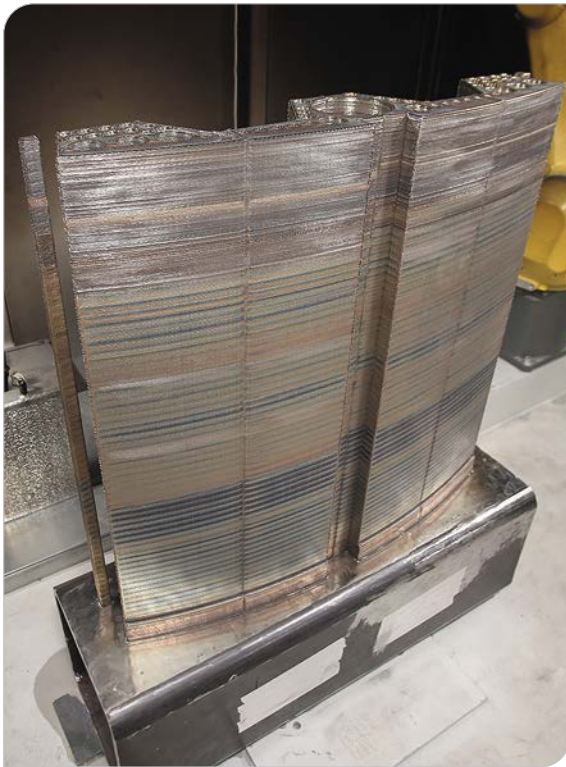
Контролируемая атмосфера чистого аргона – 20 м³

Порошковые питатели: 4 колбы по 5 литров

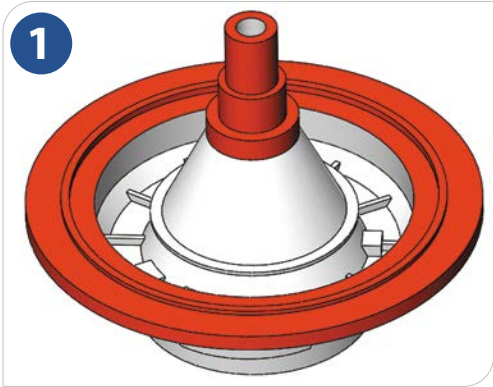
13 синхронно управляемых осей

Набор сопел подачи порошка с быстрой заменой

Вакуумируемый шлюз

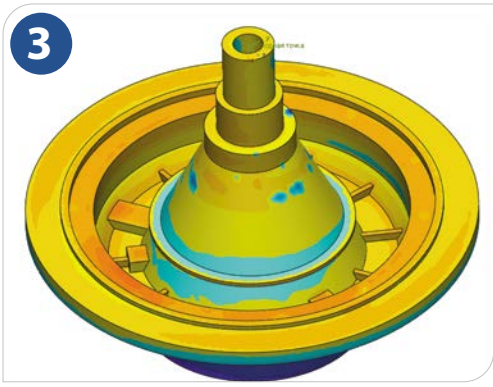


ПРИМЕР РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ И ПОСТОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЯ



1 – 3D-модель изделия

2 – выращенная заготовка

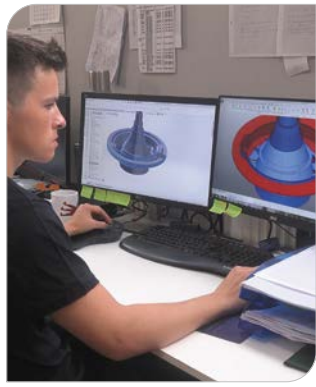


3 – контроль геометрии



4 – постобработка

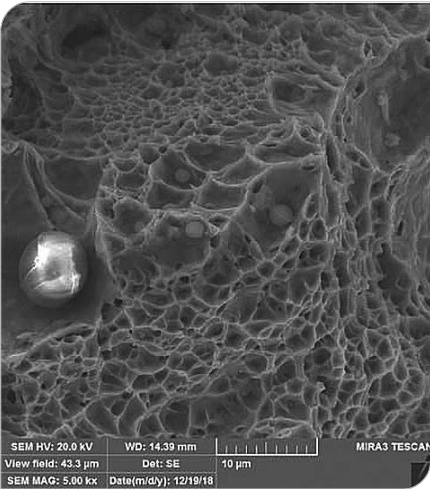
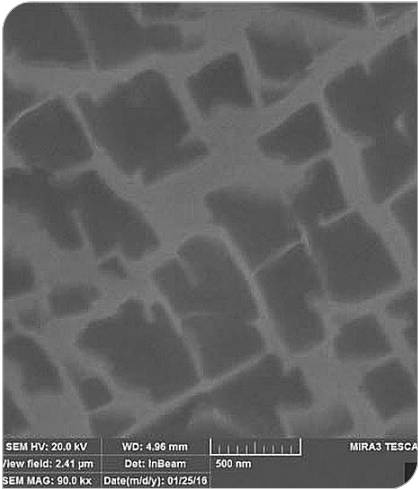
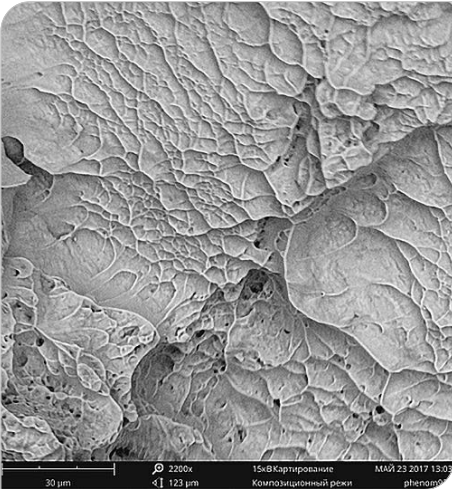
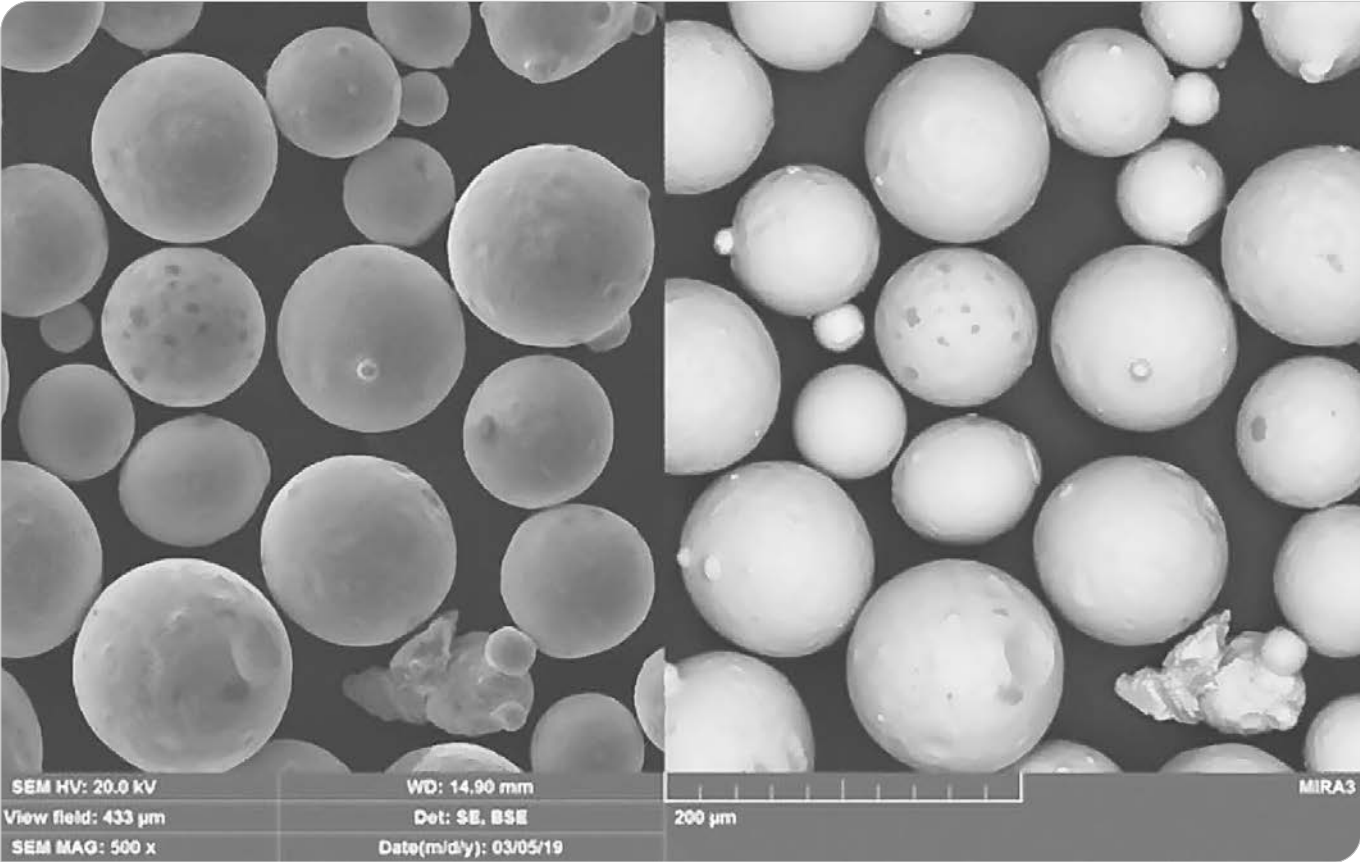
5 – законченное изделие



Диаметр – 324 мм
Высота – 201 мм
Масса выращенной заготовки – 13 кг
Время выращивания – 20 часов
Материал – Inconel 625
Мощность шпинделя – 36 кВт
Припуск на обработку – 0,5–2 мм
Масса изделия – 9,3 кг

ОБРАЗЦЫ ИЗДЕЛИЙ,
ПОЛУЧЕННЫХ
МЕТОДОМ
ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО
ВЫРАЩИВАНИЯ





ПРЯМОЕ ЛАЗЕРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ: МАТЕРИАЛЫ И СВОЙСТВА

Строительный материал при прямом лазерном выращивании – металлические порошки с фракционным составом от 20 до 200 мкм. Технология позволяет использовать как сферические, так и асферические порошки свариваемых и трудносвариваемых сплавов:

- нержавеющие и высокопрочные стали: 316L, 410, СП28 и другие;
- жаропрочные и коррозионно-стойкие сплавы на никелевой основе: Inconel 625, Inconel 718, ЭИ698П, ЭП648 и другие;
- титановые сплавы: BT6, BT10, BT20 и другие;
- износостойкие сплавы на основе кобальта: Stellite 6 и другие;
- бронза, металлокерамика с никелевой или кобальтовой связкой, интерметаллиды и многие другие.

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

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
	СП28	1069	1667	11	1275	1570	8.5
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
Титановые сплавы	BT6	925	1026	14	–	885	8
	BT20	1100	1159	10	–	930–980	6–12
	ТЛ3	539	588	8	440	490	10
	ТЛ5	745	827	14	590	640	8–14
	ПТ-3В	800	855	19	590	635–885	11
Алюминиевые 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



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИЛИСТ ведет прикладные исследования и разработки в области лазерных, дуговых, плазменных и гибридных технологий обработки материалов: сварки, резки, поверхностного термоупрочнения, наплавки.

Новое направление исследований и разработок – аддитивное производство крупногабаритных изделий высокoeffективными методами прямого дугового и плазменного выращивания с применением в качестве присадочного материала как проволоки, так и порошка.

ПРЕИМУЩЕСТВА:

- сокращение технологических операций и переходов
- повышение коэффициента использования материала
- повышение производительности
- снижение себестоимости продукции

Обрабатываемые материалы – сплавы на основе меди, алюминия, титана, никеля, кобальта, железа, металлокерамики.

Разрабатываемые технологии и производимое оборудование находят применение в следующих отраслях: судостроении, авиастроении, трубной промышленности, машиностроении, двигателестроении, атомной энергетике, автомобилестроении, аэрокосмической промышленности и других стратегически важных областях промышленности России.

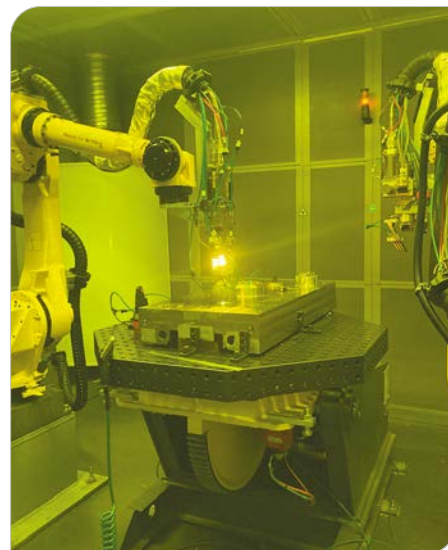
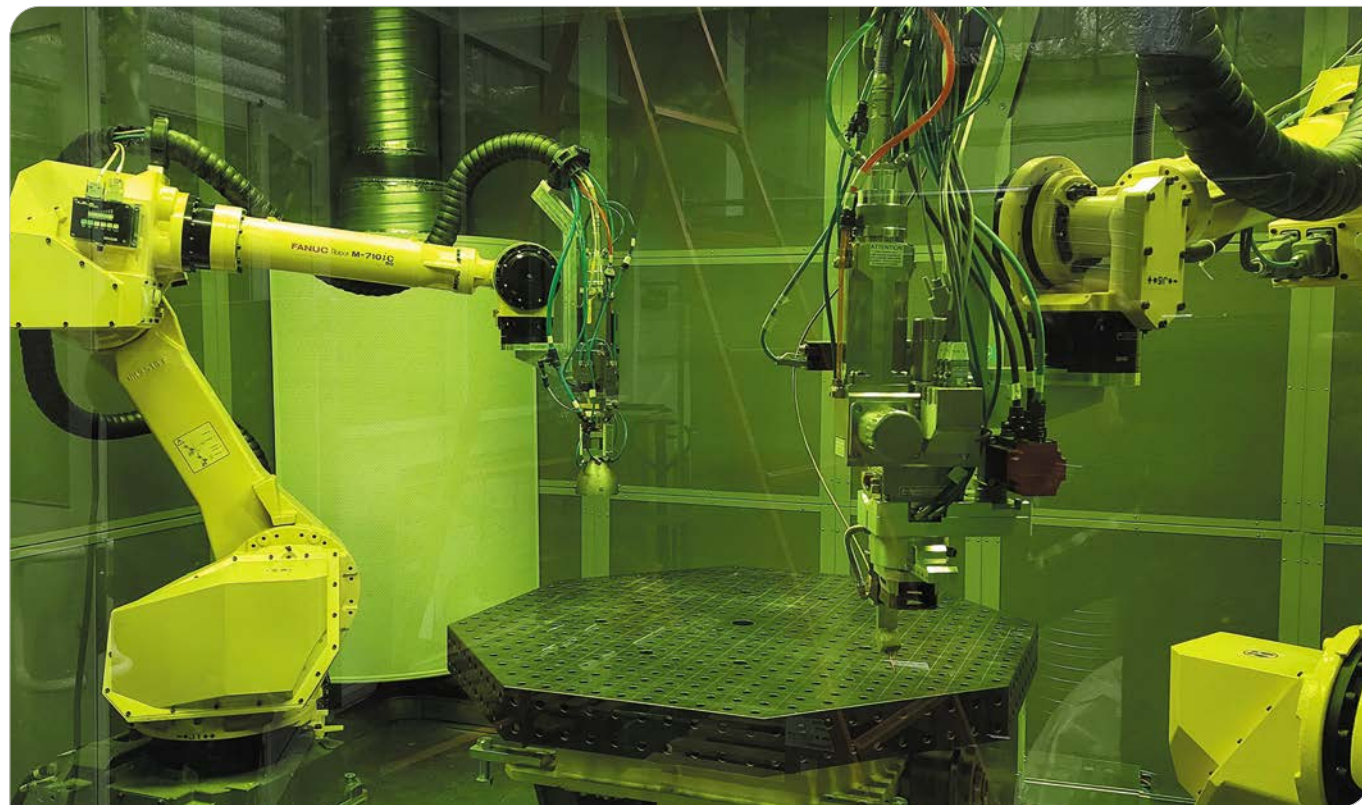
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

Разработка технологических комплексов на базе:

- самоходных кареток по направляющим
- порталных систем
- поточных линий
- антропоморфных роботов

Охрана и коммерциализация интеллектуальной собственности в области лазерных и электрофизических технологий:

- анализ мировых трендов развития
- патентные исследования
- маркетинговые исследования
- определение патентоспособности и патентной чистоты



СПЕЦИАЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ «ИЛИСТ-20С-2»

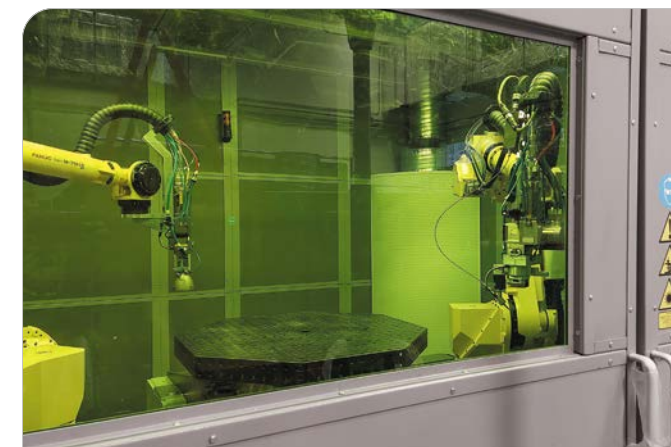
ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ:

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





КОМПЛЕКС ГИБРИДНОЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ «ОРБИТА»

Комплекс предназначен для применения на судостроительных предприятиях с целью изготовления в минимальных допусках сложных пространственных корпусных конструкций арктических судов и средств морской техники для освоения шельфовых месторождений.

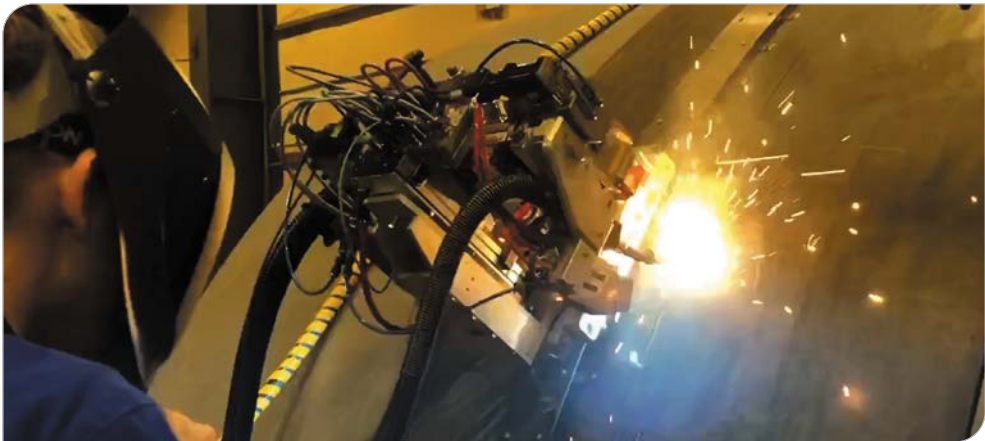
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Обрабатываемые материалы – высокопрочные и специальные стали
Технологические операции – лазерная и лазерно-дуговая сварка
Скорость обработки – до 3,5 м/мин
Диапазон толщин обрабатываемых материалов – от 4 до 50 мм



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Мощность лазерного излучения – не менее 15 кВт
Тип используемого лазера – волоконный
Сварочный ток – до 400 А
Система перемещения рабочего инструмента – сварочная каретка на направляющих



ПОРТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГИБРИДНОЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ

Предназначен для серийного строительства судов внутреннего и смешанного плавания нового поколения и обеспечивает возможность выполнения гибридной лазерно-дуговой сварки стыковых соединений в нижнем пространственном положении в составе автоматизированной линии сборки и сварки плоских секций на участке укрупнения полотнищ.

ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ:

Максимальный размер обрабатываемого проката – 12 × 3200 × 12 000 мм

Мощность лазерного излучения – до 16 кВт

Сварочный ток – от 50 до 500 А

Напряжение на дуге – от 15 до 40 В

Скорость подачи сварочной проволоки – от 2 до 18 м/мин

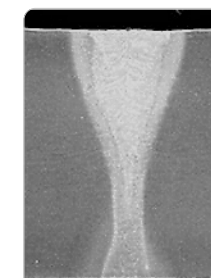
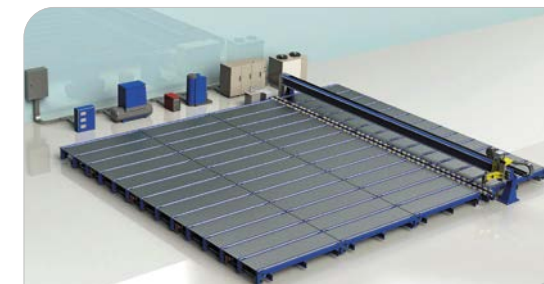
Диаметр сварочной проволоки – от 1 до 1,6 мм

Толщина свариваемых изделий – до 15 мм за один проход

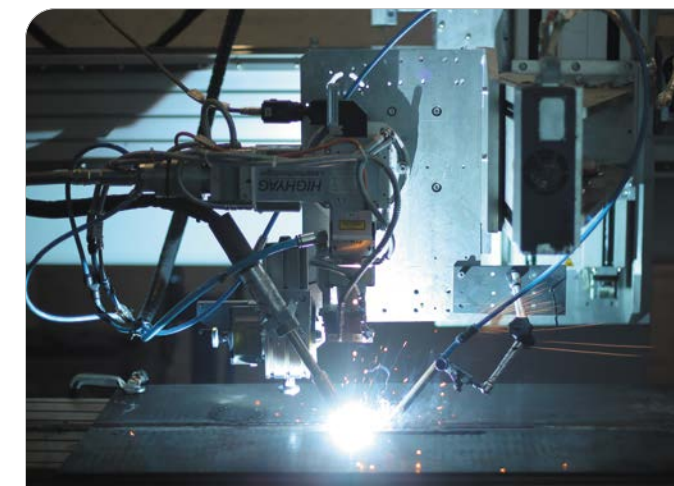
Наибольшая рабочая скорость – 4 м/мин

Максимальная скорость холостых перемещений – 10 м/мин

Предельное отклонение от прямолинейности при движении – $\pm 0,5$ мм



Стыковое соединение,
толщина 15 мм



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ГИБРИДНОЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ ПРОТЯЖЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ШВОВ

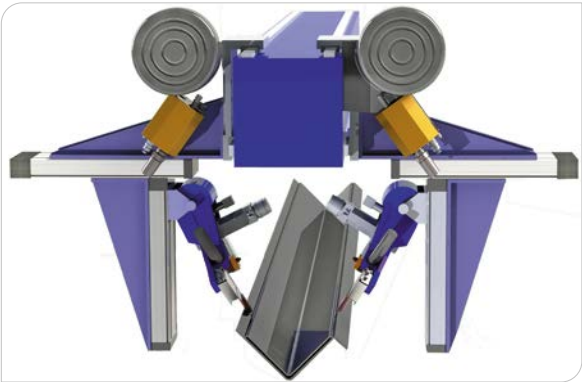
Комплекс предназначен для гибридной лазерно-дуговой сварки плоских секций (приварка набора главного направления к полотнищу) и изготовления труб.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

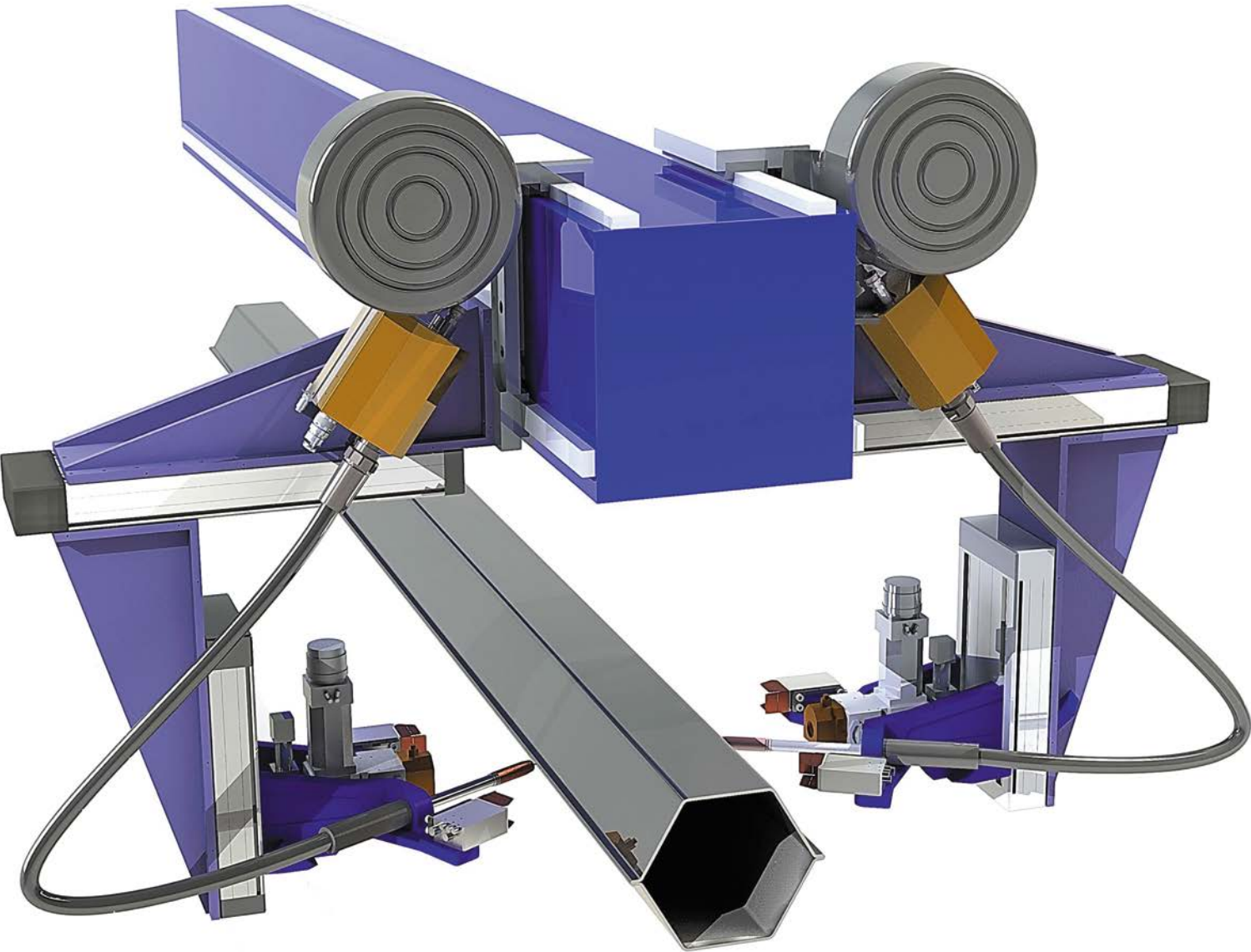
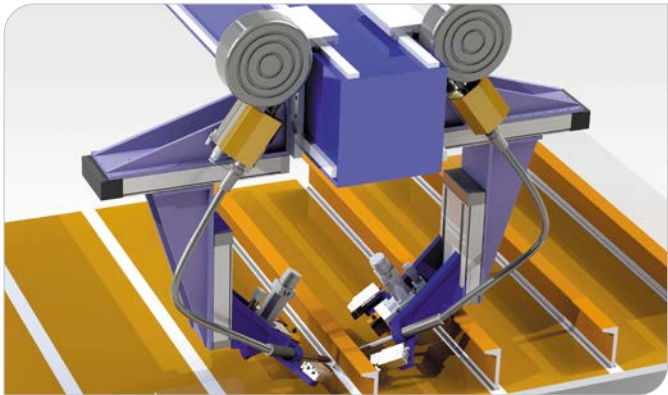
- Толщина обрабатываемых материалов – 1–16 мм
- Скорость обработки – до 6 м/мин
- Длина рабочей зоны – 3, 6, 12, ... м (возможно масштабирование)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Мощность лазера – 20 кВт (10 + 10 кВт)
- Максимальный сварочный ток – до 500 А
- Диаметр сварочной проволоки – 1,2–2 мм
- Скорость подачи проволоки – 3–20 м/мин



Тавровое соединение, толщина 15 мм



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ

ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРОЧНЫЙ ТРАКТОР



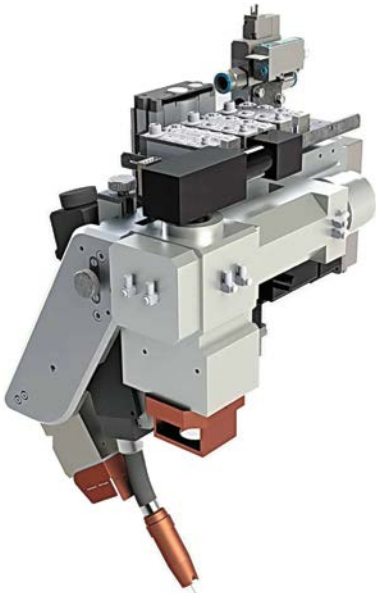
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Обрабатываемые материалы – металлы и их сплавы
- Толщина обрабатываемых материалов – 3–50 мм
- Скорость обработки – до 6 м/мин

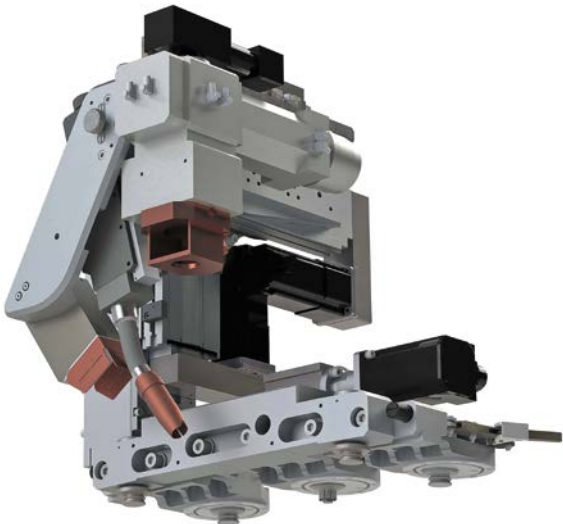
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Допустимая мощность лазерного излучения – до 20 кВт
- Допустимый сварочный ток – 500 А
- Длина волны излучения ~ 1 мкм
- Система слежения за стыком – имеется

ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ МОДУЛЬ

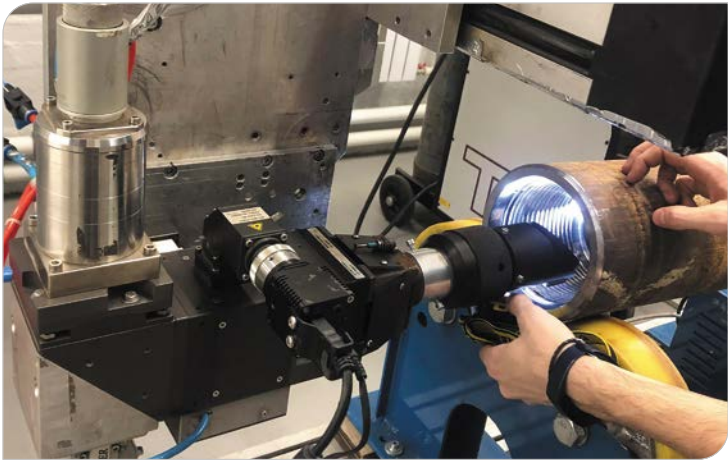


ЛАЗЕРНО-ДУГОВАЯ СВАРОЧНАЯ КАРЕТКА



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ

ЛАЗЕРНАЯ ГОЛОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Минимальный диаметр внутренней обрабатываемой поверхности – 150 мм
- Допустимая мощность лазерного излучения – до 3 кВт

ЛАЗЕРНАЯ ГОЛОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

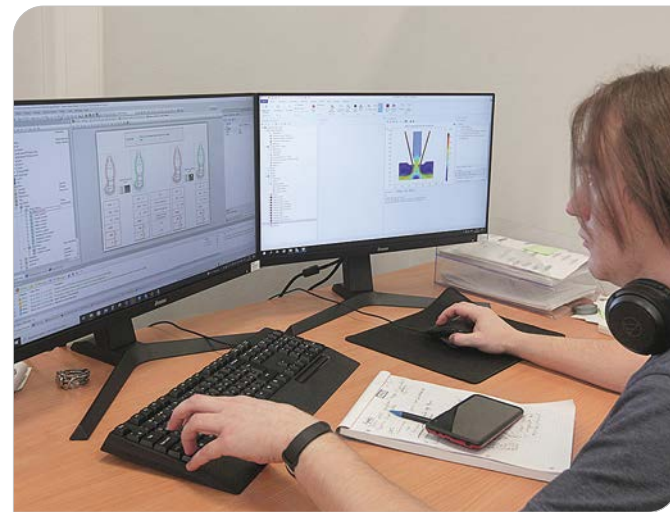
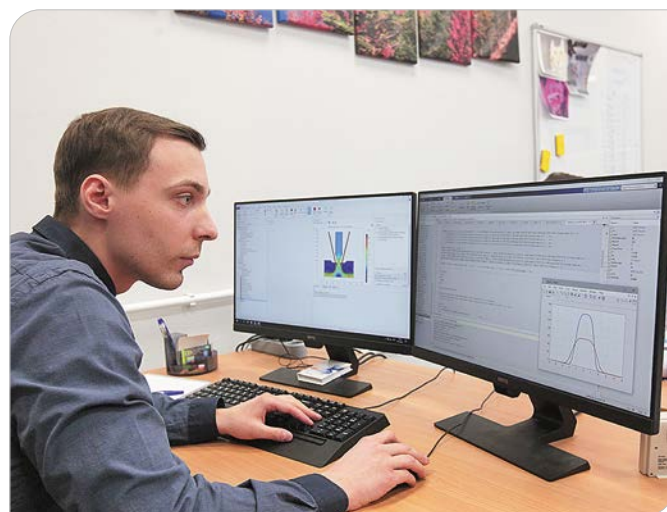
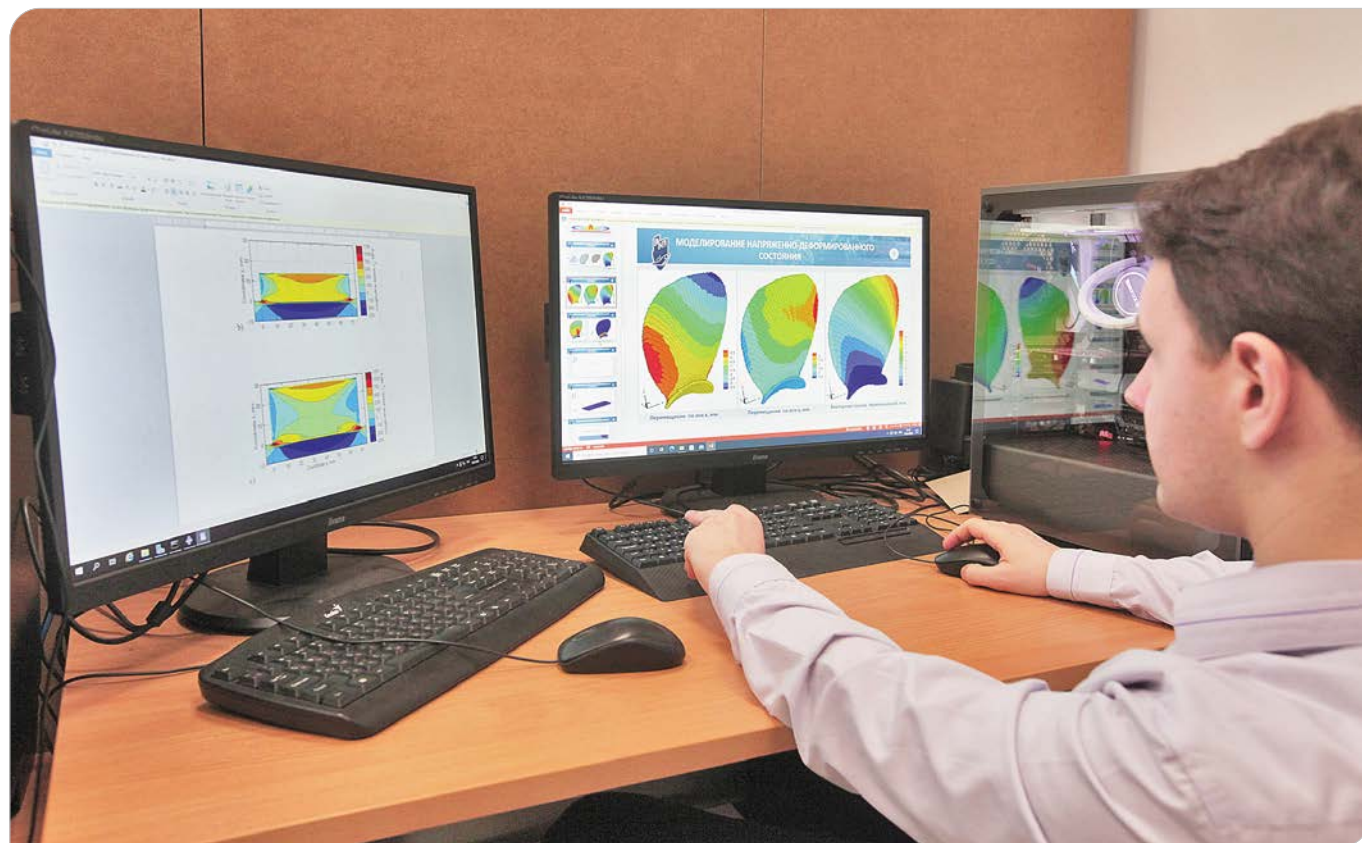


ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Диапазон обрабатываемых диаметров – 150–650 мм
- Глубина досягаемости – 1000 мм
- Скорость сварки – 0,5–6 м/мин
- Толщина свариваемых материалов – 0,5–2 мм

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Оптический вход – оптоконнектор
- Длина волны излучения – 1 мкм
- Фокусное расстояние – от 250 до 500 мм
- Апертура входная – не менее 30 мм



ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ИЛИСТ более 30 лет работает над теоретическими исследованиями и моделированием в области физических процессов и явлений, сопровождающих технологии лазерной обработки и аддитивного производства. Мы занимаем ведущие позиции не только в России, но и в мире.

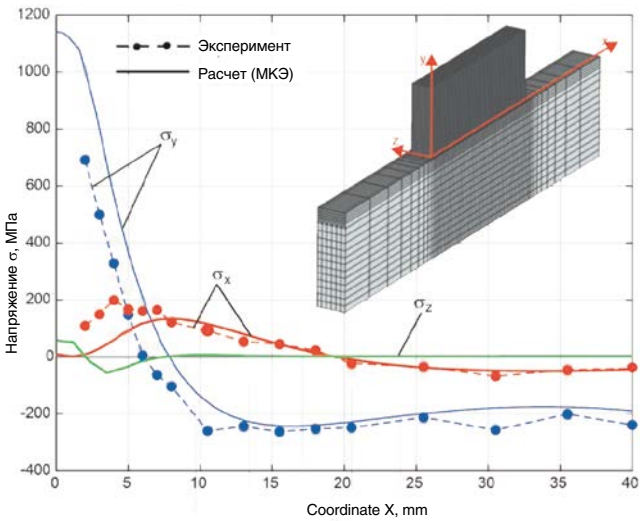
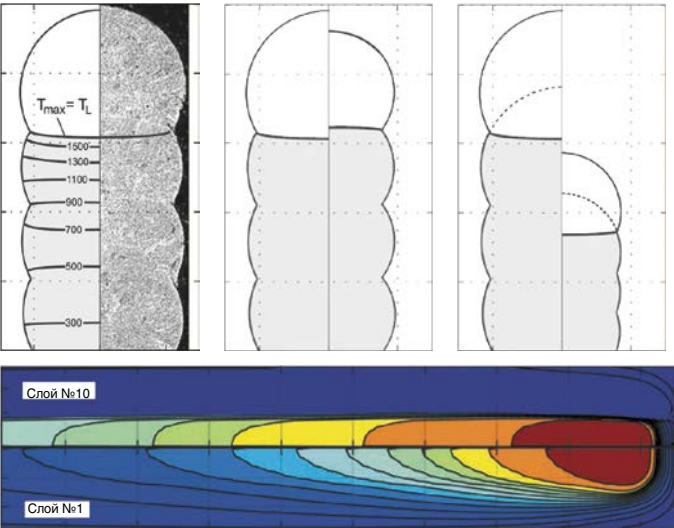
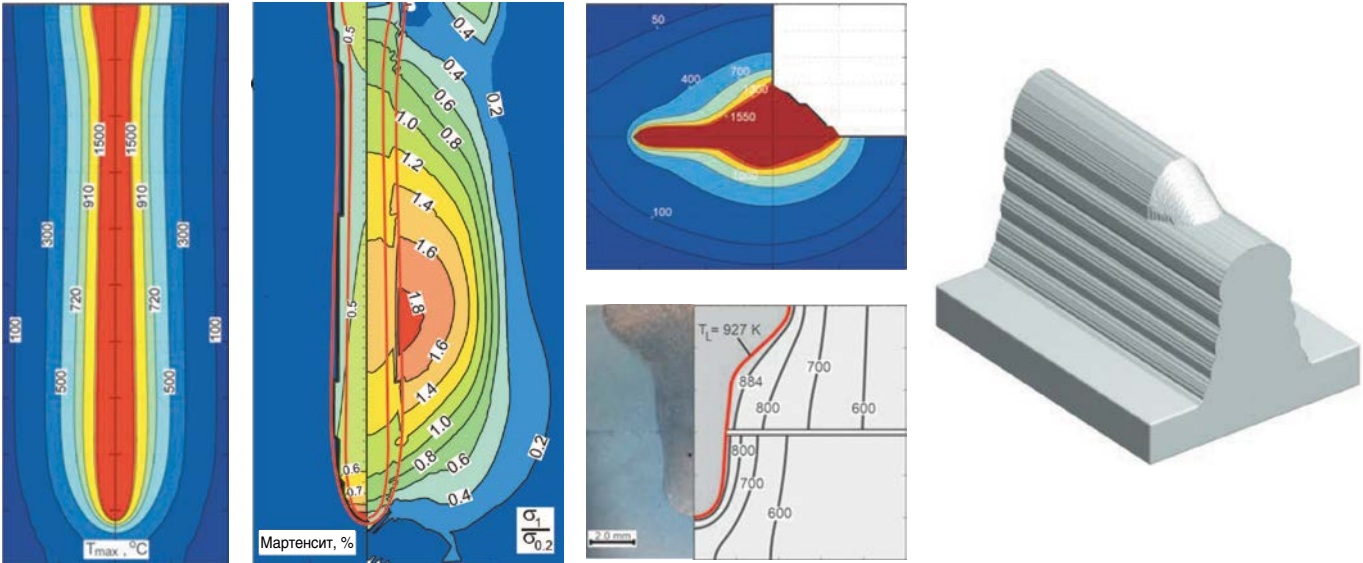
Результаты многолетних исследований процессов лучевой обработки материалов отражены в программном комплексе LaserCAD, разработанном под руководством профессора Г.А.Туричина. LaserCAD предоставляет возможность всесторонней виртуальной оценки качества сварных соединений, получаемых широким спектром лучевых и гибридных сварочных технологий.

Активно ведутся работы по созданию цифровых двойников технологий лазерной обработки и аддитивного производства, систем компьютерного зрения и алгоритмов обработки больших массивов данных.

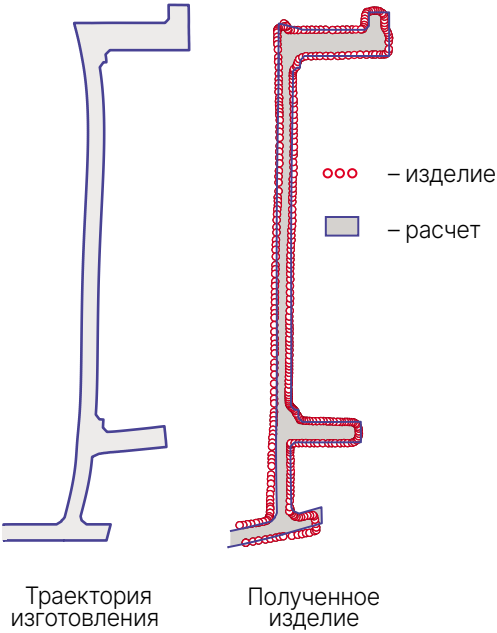
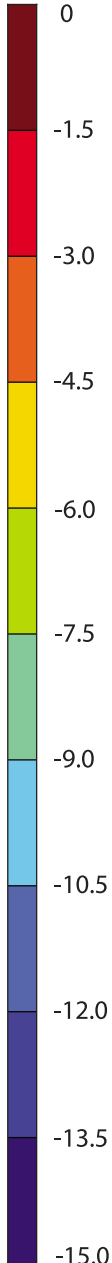
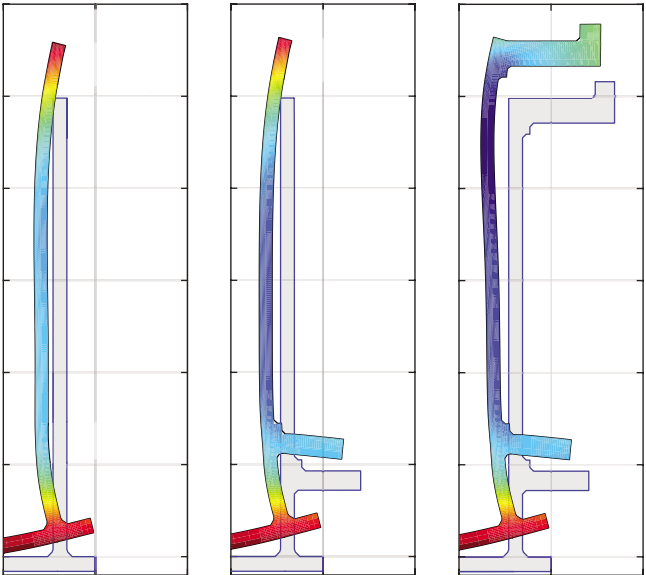
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ:

- Численное моделирование процессов нестационарного теплопереноса при лучевой и электрофизической обработке материалов
- Прогнозирование напряженно-деформированного состояния сварных соединений и изделий, получаемых методами аддитивного производства
- Топологическая оптимизация деталей, изготовленных методами аддитивного производства
- Разработка специализированного программного обеспечения для компьютерного инженерного анализа технологических процессов
- Разработка методов и алгоритмов обработки больших данных в рамках создания систем поддержки принятия решений и мониторинга на базе искусственного интеллекта

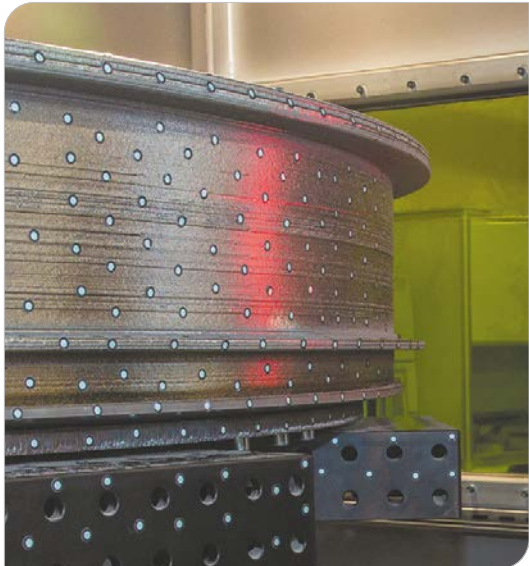
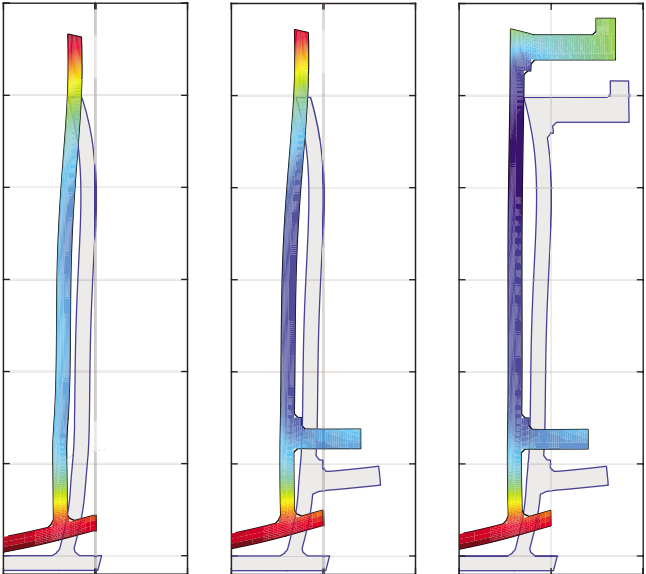


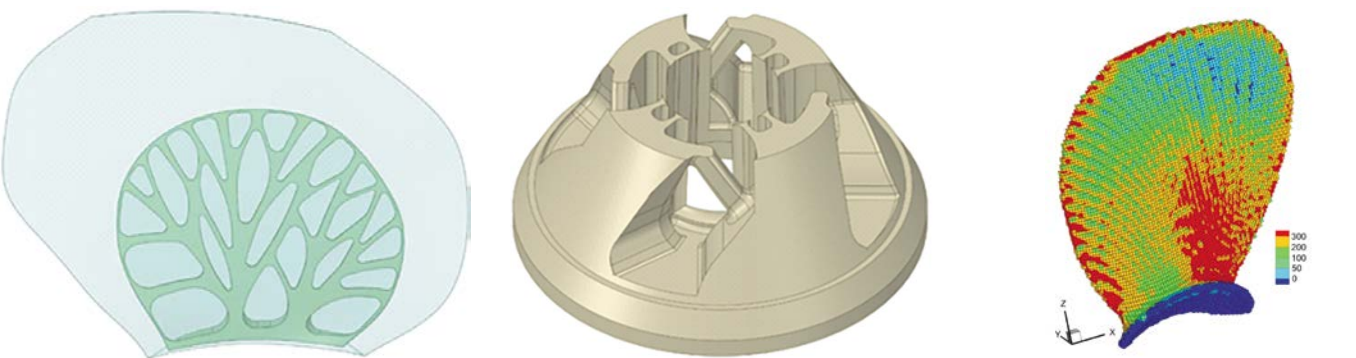
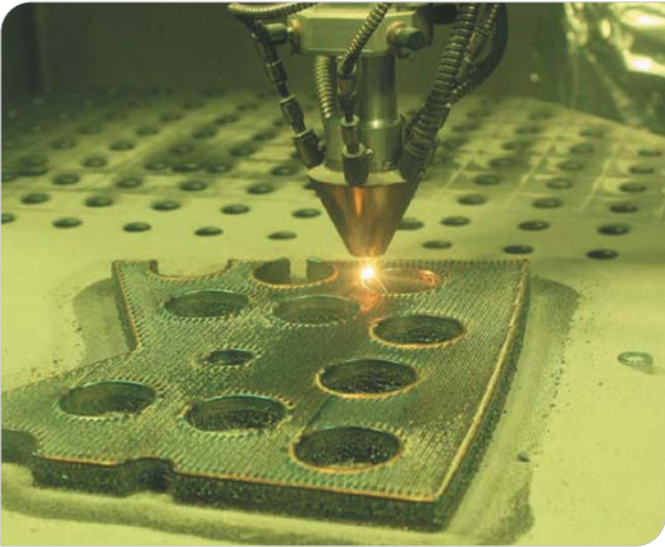
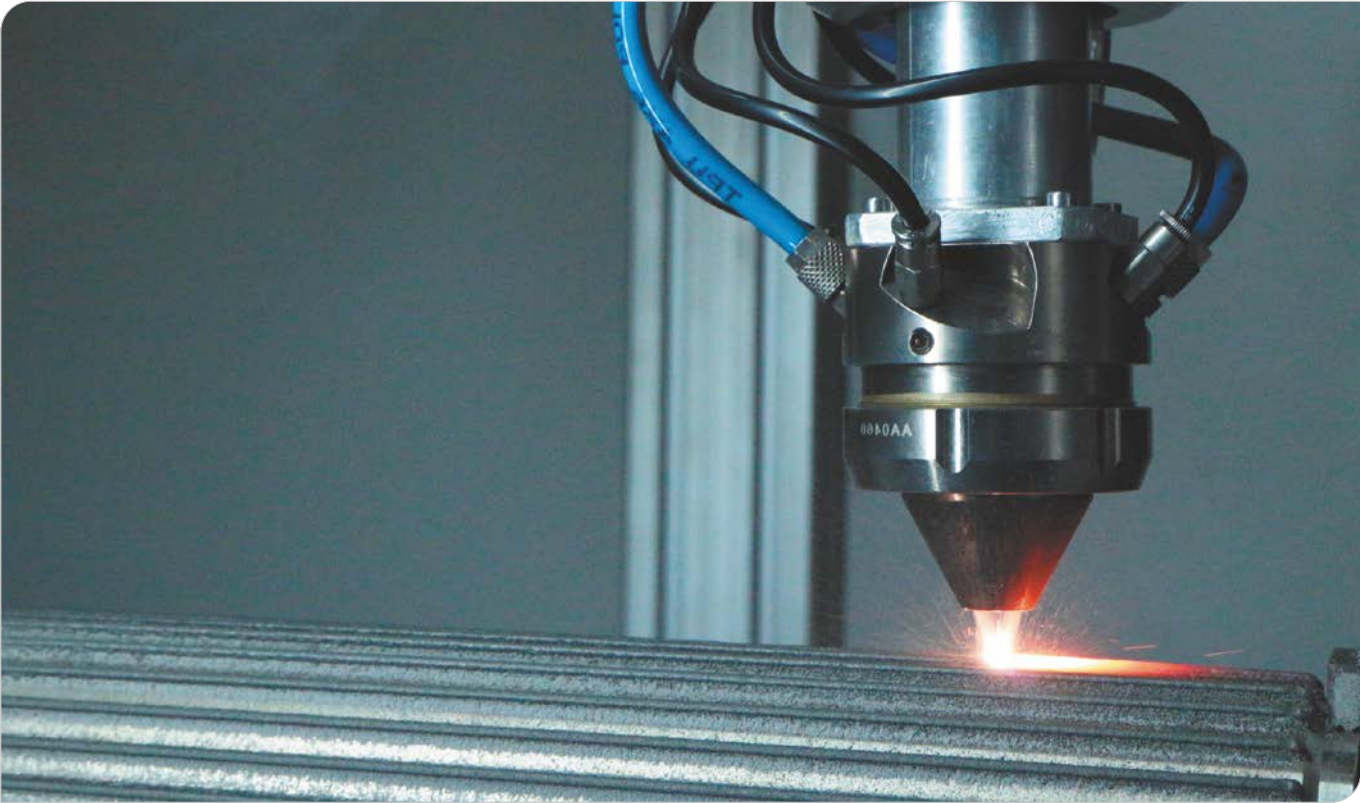


Без компенсации деформаций (численное моделирование)



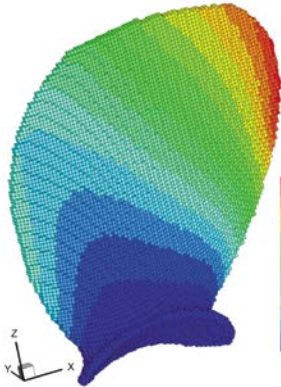
Компенсация деформаций (численное моделирование)



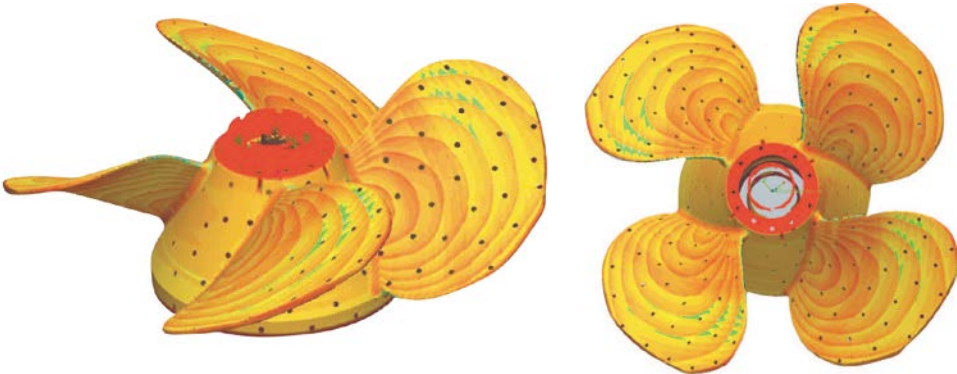


Топологическая оптимизация

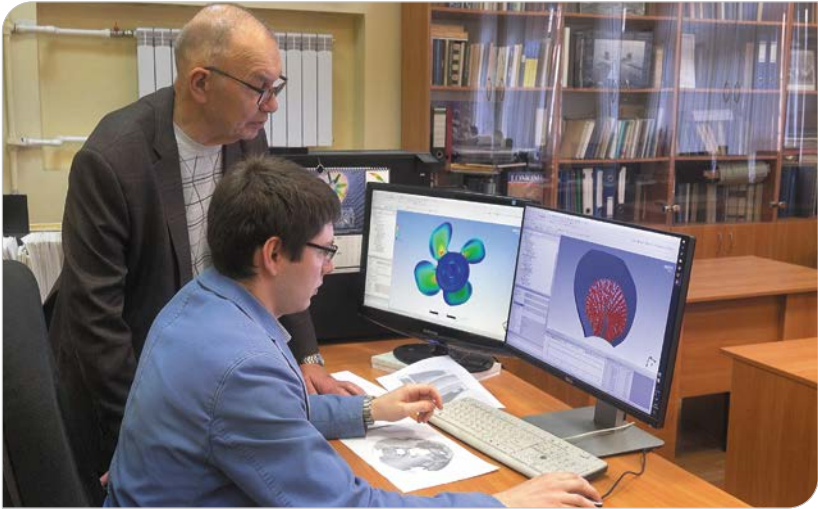
Остаточные напряжения (расчет)



Остаточные перемещения (расчет)



Готовое изделие



СИСТЕМА ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

В основе программного комплекса LaserCAD заложены адекватные модели взаимодействующих процессов, обширная база свойств материалов – сталей, титановых и алюминиевых сплавов. Возможно самостоятельное пополнение базы данных.

Комплекс позволяет находить оптимальное решение для заданного типа соединения. Дополнительно возможна оценка изменения химического состава через потери летучих компонентов.

ПРИМЕНЕНИЕ:

- Судостроение
- Автомобилестроение
- Машиностроение
- Трубное производство

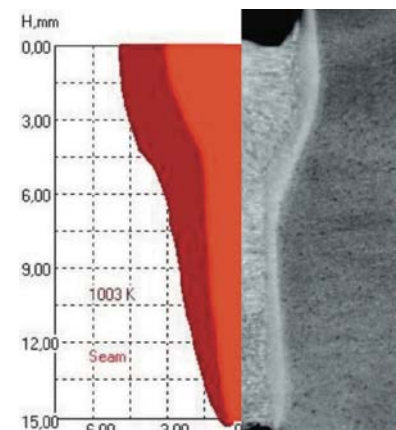
ТЕХНОЛОГИИ:

- Лазерная сварка
- Лазерно-дуговая сварка
- Электронно-лучевая сварка

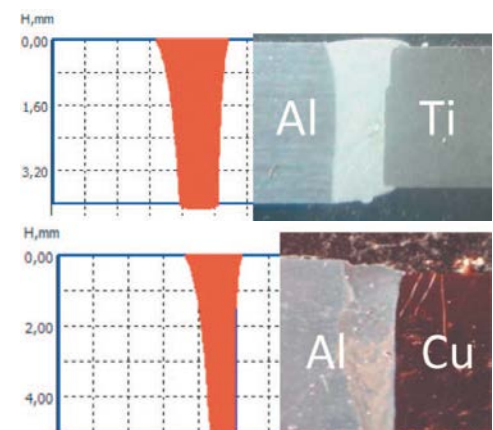
ВОЗМОЖНОСТИ:

- Подбор оптимальных параметров процесса
- Подбор материала с заданными свойствами
- Подбор оборудования в соответствии с полученными параметрами

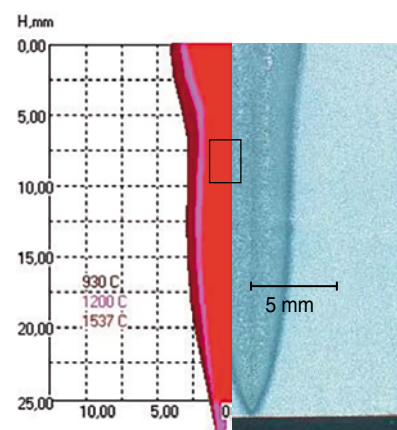
Лазерно-дуговая сварка сталей больших толщин



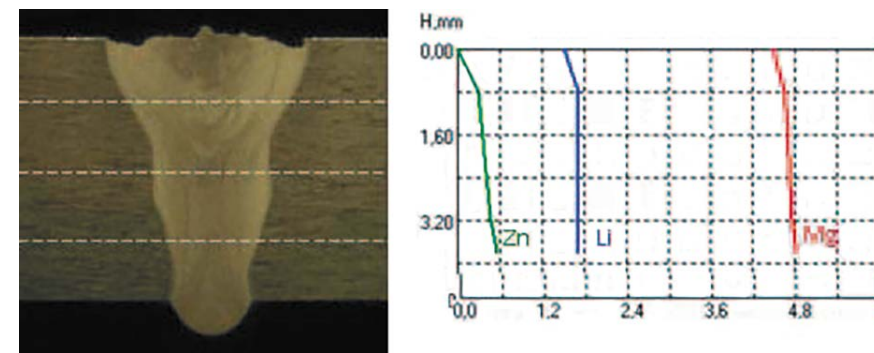
Лазерная сварка разнородных материалов



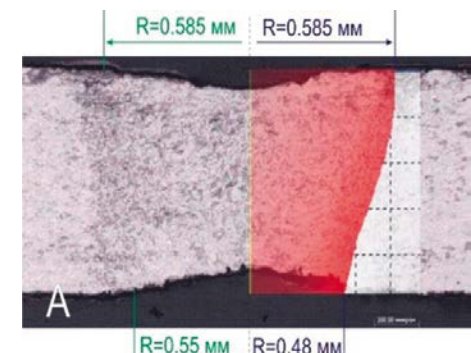
Электронно-лучевая сварка



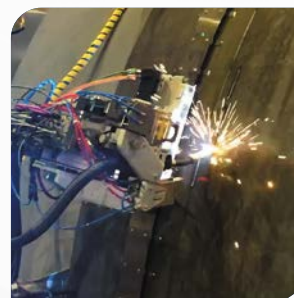
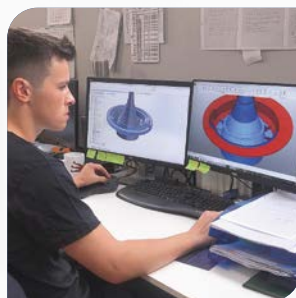
Изменение концентрации летучих компонентов



Сварка тонких пластин из легких сплавов



Институт лазерных и сварочных технологий
Санкт-Петербургского государственного
морского технического университета
© 2023



198262, Санкт-Петербург,
пр. Маршала Жукова, 38-а

+7 (812) 757-22-22
ilwt@ilwt.smtu.ru

