

## **Основные результаты проекта**

Проведены исследовательских испытаний технологий лазерного выращивания (ТЛВ) ремонта методом лазерной порошковой наплавки (ТРЛПН). Разработаны технические требования к порошковым материалам для прямого лазерного выращивания и лазерной порошковой наплавки. Изготовлены экспериментальные образцы деталей. Разработаны технологические рекомендаций по изготовлению сложно-профильных деталей комбинированным методом литья и прямого лазерного выращивания. Разработано технико-экономического обоснование прямого лазерного выращивания при изготовлении и ремонте высокопрочных деталей судового машиностроения. Разработаны технологические рекомендации по восстановлению изношенной и/или поврежденной геометрии металлических деталей методом лазерной порошковой наплавки в судоремонтном производстве. Изготовлена и испытана лабораторная технологическая установка лазерного выращивания (УТЛВ). Разработаны рекомендации по внедрению технологий технологий лазерного выращивания и лазерной порошковой наплавки в судоремонтное производство. Согласованы с НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей» разработанные технологии прямого лазерного выращивания и лазерной порошковой наплавки деталей судового машиностроения, в части применения порошковых материалов конкретных марок для изготовления и ремонта деталей судового машиностроения. УТЛВ предназначена для применения в изготовлении и ремонте высокопрочных деталей судового машиностроения, эксплуатируемых в ледовых условиях Арктики, на предприятиях судового машиностроения. В качестве манипулятора изделия и технологического инструмента используется промышленный робот с двухосевым позиционером. Достижимость робота составляет 1800 мм, грузоподъемность позиционера – 500 кг. Герметичная технологическая кабина позволяет проводить процесс прямого лазерного выращивания и наплавки в контролируемой атмосфере аргона высокой чистоты. Используемое в технологической головке 3х-струйное сопло для подачи порошка в зону лазерного воздействия, а также 6ти-осевой роботизированный манипулятор технологической головки, позволяют проводить обработку в различных пространственных положениях, в том числе с заклонением до 90 0 относительно вертикали. Пуско-наладка УТЛВ на территории АО "ЦС "Звездочка" запланирована на 1 квартал 2020 г. Разработанные технологии наплавки и выращивания, а также изготовленное оборудование для их реализации, позволили изготовить экспериментальные образцы Полусферы (18510-5110-085), Корпуса (949-7330-561), Переходника (ДРК2500- 20.05.03) и Вала (11ШМС 9.01). Предварительный анализ деталей, подлежащих выращиванию позволил создать стратегии изготовления, компенсирующие остаточные деформации изделия.

Технологические рекомендации по прямому лазерному выращиванию и лазерной наплавке разработаны на основе опытных данных, полученных коллективом исполнителей в течение выполнения проекта. Результаты исследований влияния технологических параметров на механические и эксплуатационные свойства позволили сформулировать рекомендации для разработки технологий. Создание расчётных моделей температурных полей при лазерной обработке позволило создать методику расчёта термо-деформационных процессов при выращивании, которая, в свою очередь, помогает учитывать деформацию изделия во время выращивания. Проведённое технико-экономическое исследование показало экономическую эффективность внедрения УТЛВ для изготовления и ремонта некоторых деталей судового машиностроения. Прямое лазерное выращивание становится экономически целесообразным для изделий, претерпевающих длительную и материалоемкую механическую обработку заготовок (КИМ - менее 10%), при традиционном технологическом процессе изготовления. В случае сравнения с литейными технологиями, при которых КИМ стремится к 1, экономическая выгода от прямого лазерного выращивания отсутствует. Однако не стоит забывать о том, что прямое лазерное выращивание для некоторых изделий может быть единственным реализуемым способом изготовления. Полученные результаты полностью соответствуют мировому уровню исследований в области промышленных аддитивных технологий, а в части разработки технологий и оборудования прямого лазерного выращивания крупногабаритных высокоточных заготовок и определяют его. Полученные результаты соответствуют условиям Соглашения о предоставлении субсидии, в том числе Техническому заданию и Плану-графику исполнения обязательств, а также отвечают целям и задачам коммерциализации результатов проекта АО «ЦС «Звездочка».

### **Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования**

Ноу-хау "Технология изготовления изделия корпус", приказ №483 от 31.10.2019

Ноу-хау "Технология ремонтной наплавки изделия переходник", приказ №484 от 31.10.2019

Заявка на изобретение "Способ повышения механических свойств стали АБ2-1 при осуществлении прямого лазерного выращивания металлических заготовок" № 2019132739, от 14.10.2019

### **Назначение и область применения результатов проекта**

Разрабатываемые технологии и оборудование прямого лазерного выращивания характеризуются межотраслевой направленностью и обладают потенциалом

мультипликативного технологического влияния на развитие нескольких отраслей экономики. Кроме предприятий судостроения и судоремонта потребителями разрабатываемой продукции могут быть предприятия ракетно-космической отрасли, транспортного и энергетического машиностроения. Результаты проекта также могут быть использованы при разработке и модернизации родственных технологий инженерии поверхности, в частности, технологий лазерной порошковой наплавки функциональных поверхностных слоёв, актуальных для атомной, нефтегазовой, нефтехимической, химической отраслей промышленности.

### **Эффекты от внедрения результатов проекта**

- улучшение потребительских свойств выпускаемой продукции;
- совершенствование технологических процессов с точки зрения снижения издержек производства, повышения производственной безопасности (включая экологическую);
- повышение уровня автоматизации производства;
- обеспечение гибкости производств, сокращение производственного цикла.

### **Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

Объектами коммерциализации в результате выполнения проекта будут:

- лицензия на технологию прямого лазерного выращивания изделий из металлических порошков;
- лицензия на технологию ремонта высокопрочных деталей судового машиностроения методом лазерной порошковой наплавки;
- технологическая установка лазерного выращивания;
- сервисные услуги.

Стадия коммерциализации результатов проекта составляет 3 года после окончания проекта. Начало промышленного освоения результатов проекта запланировано на 2020 г. с момента проведения пуско-наладочных работ лабораторной установки УТЛВ на территории АО "Центр судоремонта "Звездочка" (г. Северодвинск).

Срок окупаемости проекта находится в пределах среднесрочного кредитования проектов отечественными коммерческими банками и составляет 7 лет с начала ПНИ при расчете по показателям чистой прибыли, амортизации и объема инвестиций.