

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Мировой опыт применения технологии селективного лазерного сплавления для нефтяной, газовой и химической промышленности

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА: ПРИНЦИПЫ, ВИДЫ, МАТЕРИАЛЫ

Аддитивные технологии (далее – АТ) – это процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем послойного добавления материала.

Многообразие доступных АТ структурировано в несколько характерных групп, различающихся между собой базовыми технологическими принципами получения физического объекта. Наиболее распространенными технологиями для работы с металлическими материалами при промышленном применении в инженерных системах являются технологии из групп «синтез на подложке» и «прямой подвод энергии и материала».

Одной из самых востребованных технологий получения металлических компонентов является технология послойного лазерного синтеза на подложке (англ. — L-PBF, рус. — СЛС). Особенность технологии заключается в том, что на сегодняшний момент это наиболее точная АТ для промышленного получения металлических деталей и компонентов. Порошковый материал наносится на подогреваемую рабочую подложку, после чего лазерный луч

определенной мощности проходит по нанесенному материалу в соответствии с формой сечения электронной геометрической модели. При этом происходит полное расплавление металлических частиц с последующим отверждением расплавленного металла. Таким образом, слой за слоем идет «выращивание» металлического компонента.

Для обработки по технологии СЛС доступны свариваемые и ограниченно свариваемые материалы. Распространенными являются порошковые материалы сплавов на основе алюминия, титана, никеля, железа, кобальта, меди.

Технология СЛС широко применяется в таких отраслях промышленности как авиационное и космическое машиностроение, энергетика и нефтегазовая отрасль, медицина и общее машиностроение, производство специальной техники.



О КОМПАНИИ

АО «ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ»



lsystems.ru

История АО «Лазерные системы» началась более 25 лет назад, в 1998 году, в Санкт-Петербурге. Компания прошла долгий путь от разработки первых химических и газовых лазеров до серийного производства сложного высокотехнологичного оборудования.

Сегодня — это крупный российский производитель лазерного и оптоэлектронного оборудования для промышленного применения на базе собственных уникальных технологий.

Весь технологический цикл производства оборудования реализован на собственной промышленной базе компании в Санкт-Петербурге площадью 6000 м², где выполняются: проектирование, сборка, тестовые испытания, запуск в серию и сервисное обслуживание. Компания производит оборудование для получения металлических деталей и заготовок с помощью аддитивных технологий, а также оказывает услуги контрактного производства в собственном Центре аддитивных технологий.

Выпускает алкотестеры для промышленной безопасности и системы метео-мониторинга.

«Лазерные системы» — это команда высококвалифицированных инженеров и разработчиков с многолетней экспертизой в сфере создания современных технологий, инноваций и производства оборудования.

АО «Лазерные системы» получило награду за качество производимого 3D-оборудования от Правительства Санкт-Петербурга. Компания стала победителем в номинации «Лучшее промышленное предприятие с численностью от 101 до 250 работников» и была награждена почетным знаком правительства Санкт-Петербурга «За качество товаров (продукции), работ и услуг».



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аддитивные технологии имеют ряд определённых преимуществ, делающих их применение наиболее экономически эффективным в таких отраслях промышленности как авиационное и космическое машиностроение, специальная техника, технологическая оснастка и медицина.

Однако, в последнее время все чаще можно встретить успешные примеры внедрения технологии и в нефтегазовой, химической, морской и энергетической промышленности. Основные преимущества аддитивных технологий в данных отраслях выражаются в сокращении времени простоя, сокращении складских запасов, возможности сквозного цифрового проектирования и реализации концепции производства по требованию.

Наиболее удачным вариантом последовательного подхода к внедрению новых технологий для нефтегазовой индустрии является пример компании DNV GL - международной аккредитованной регистрационной и классификационной компании, предоставляющей услуги для нескольких отраслей, включая судоходство, возобновляемую энергетику, нефть и газ, электрификацию, производство продуктов питания и напитков, здравоохранение. В 2019 году под руководством DNV GL стартовал многостадийный проект по разработке нормативно-технической документации для процессов внедрения компонентов нефтегазовой отрасли, полученных с помощью аддитивных технологий. В проект вошли более 20 крупных отраслевых компаний-поставщиков и производителей оборудования, комплектующих и материалов.

В результате, по состоянию на 2025 год, подготовлен и выпущен ряд отраслевых стандартов в нескольких редакциях, в том числе: DNV-ST-B203- «Аддитивное производство металлических компонентов» и DNV-RP- B205- «Цифровые склады и производство по требованию». Данные стандарты описывают квалификацию деталей, изготавливаемых методом аддитивного производства для нефтегазовой

и смежных отраслей промышленности, закупку запасных частей, управление качеством для производителей запасных частей, производство компонентов, оценку физических компонентов для определения их пригодности для оцифровки, процессы, необходимые для оцифровки физических компонентов таким образом, чтобы обеспечить минимальный требуемый уровень качества и быть совместимыми с цифровой системой инвентаризации.

До 2027 года DNV GL планирует выпустить дополнительные стандарты для идентификации деталей, новых технологий производства, управления проектами и техническим обслуживанием.

Параллельно с DNV работу по квалификации компонентов, произведенных с помощью аддитивных технологий ведет и Американский институт нефти (API). С 2021 года ряд деталей, компонентов и компаний- производителей уже получили соответствие спецификации API 20S, что подтверждает их соответствие требованиям к использованию в нефтегазовой промышленности.

В Российской Федерации только приступили к последовательной апробации возможностей аддитивных технологий для нефтегазовой промышленности. В целях популяризации технологии, АО «Лазерные системы» предлагает вашему вниманию альбом международных примеров применения технологии, в том числе и на территории Российской Федерации.

РАБОЧЕЕ КОЛЕСО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСОСА

Baker Hughes, США

Проблема:

Выход из строя рабочего колеса технологического насоса нефтеперерабатывающего завода.

- Оригинальная технология — литье
- Срок изготовления — 120 дней
- Наружный диаметр 230 мм

Решение:

- Проведение работ по 3D-сканированию оригинального рабочего колеса. Гидродинамический анализ производительности потока и расчет конструкции нового рабочего колеса
- Получение заготовки детали методом селективного лазерного сплавления
- Постобработка, балансировка, тестирование и валидация конструкции

Baker Hughes



6 недель от первого сканирования до готовой детали

На 65% сокращение времени изготовления



КОЛЛЕКТОР ПОДВОДНОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АРІ-17D

Baker Hughes, США

Коллектор Subsea Control Module (SCM) служит центральным узлом для управления и мониторинга потока углеводородов от устья скважины к поверхности.

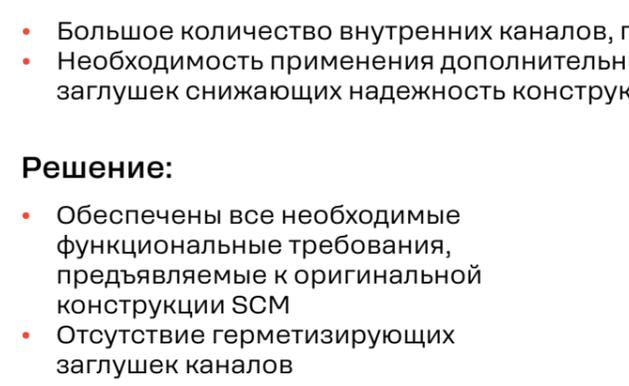
Проблема:

- Большое количество внутренних каналов, полученных сверлением
- Необходимость применения дополнительных технологических заглушек снижающих надежность конструкции

Решение:

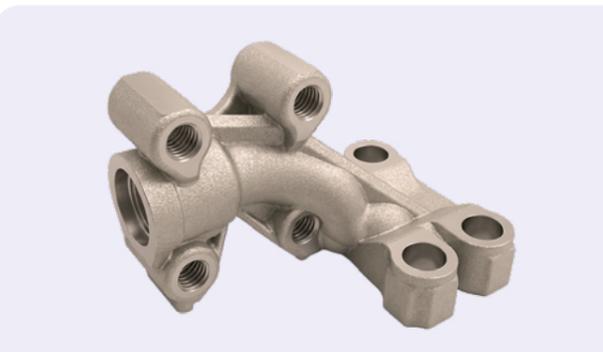
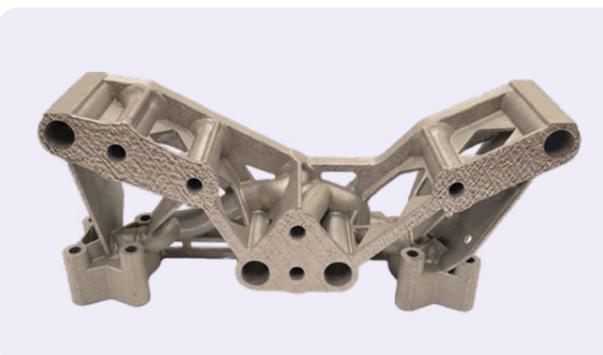
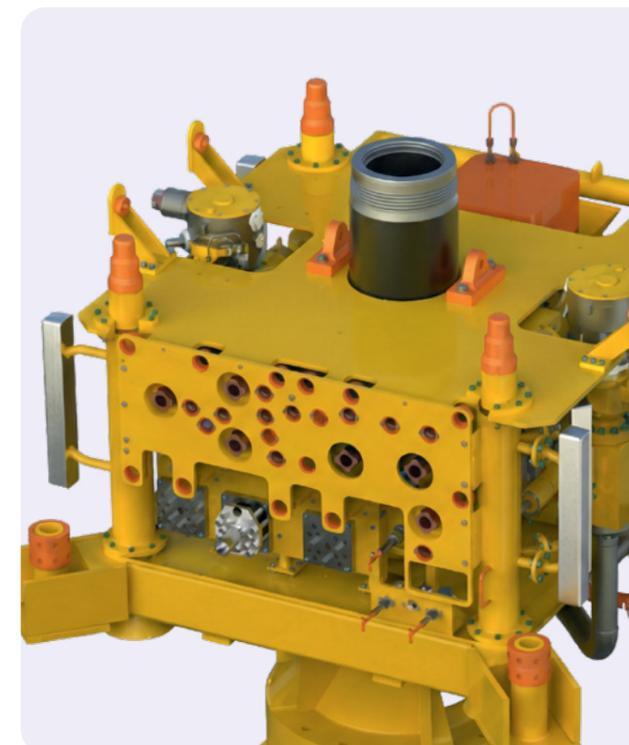
- Обеспечены все необходимые функциональные требования, предъявляемые к оригинальной конструкции SCM
- Отсутствие герметизирующих заглушек каналов
- Снижение веса до 90%
- Повышение надежности работы за счет изменения конструкции и применения технологии селективного лазерного сплавления

Baker Hughes



Снижение веса до 90%

Повышение надежности конструкции



ДРОССЕЛЬ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА

Baker Hughes, США; сентябрь 2024 г.

Задача

- Увеличение производительности при минимальном уровне шума
- Снижение трудоемкости производства оригинальной конструкции (лазерная резка, пайка и механическая обработка)

Результаты:

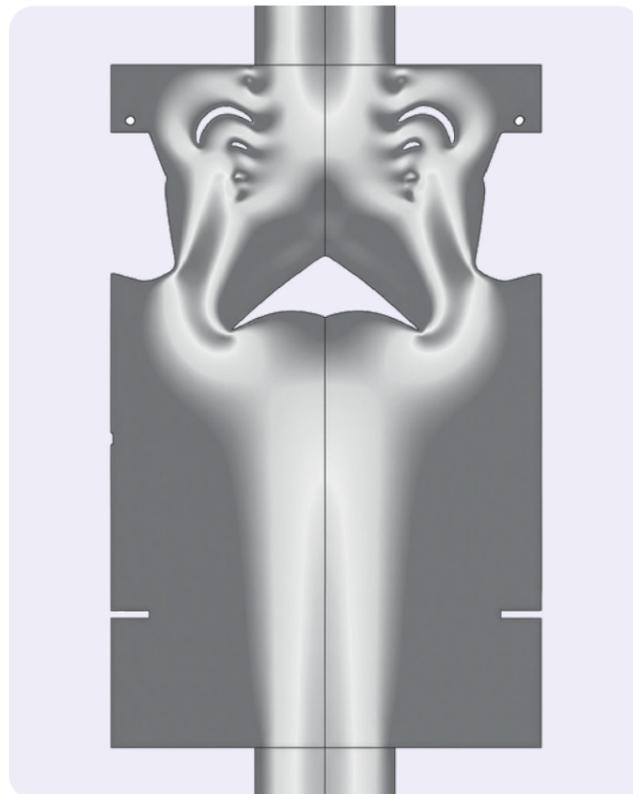
- Увеличение пропускной способности клапана до 160% от оригинальной конструкции
- Снижение звукового давления на 50%
- Уменьшение общих габаритов узла
- Снижение трудоемкости производства — 20 паянных пластин заменены одной деталью, суммарно, более 50 деталей объединены в одну напечатанную деталь
- Сокращение времени изготовления с 16 до 6 недель
- Возможность получения индивидуализированных типоразмеров 50 деталей

Baker Hughes



Сокращение времени производства более чем на 60%

50 деталей объединены в одну



БУФЕРНАЯ ТРУБКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПЛАСТА

Baker Hughes, США; 2016 г.

Проблема:

- Большое количество сварных и паянных соединений из различных сплавов
- Ограниченная жесткость и высокая трудоемкость изготовления
- Низкая надежность паянных соединений, приводящая к утечкам в скважине
- Конструктивные ограничения использования для скважин меньшего диаметра

Задача:

- Объединить конструкции в одну деталь
- Уменьшить общий габаритный размер
- Изготовить из одного металлического материала
- Внутренние каналы должны быть очищены от синтезированного материала
- Повысить общую надежность компонента

Результаты:

- Объединены 7 деталей в одну
- Уменьшен габарит
- Повышена надежность — более 1000 моточасов безотказной работы

Baker Hughes



1000 моточасов безотказной работы



ДРОССЕЛЬ VRT КЛАПАНА ПЕРЕМЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Baker Hughes, США; 2020 г.

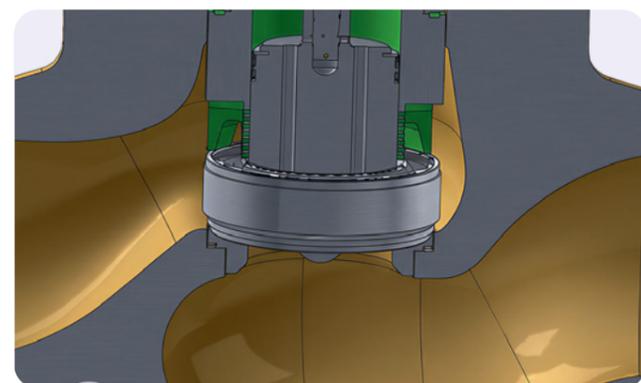
VRT — это регулировочный клапан с лабиринтным ходом, используемый для управления жидкостями под высоким давлением.

С 2020 года системы VRT, изготовленные с применением аддитивных технологий, проходят испытания и допускаются к эксплуатации. 3D-печать позволила сократить время выполнения заказа более чем вдвое по сравнению с традиционными процессами — с 25 до 6 недель.

На сегодняшний день было поставлено более 100 VRT в 21 уникальном исполнении.

Результат:

- Объединены 15 деталей в одну
- Уменьшен габарит
- Сокращение времени производства 4 раза
- Возможность индивидуализации клапанов



Baker Hughes



Объединение 15 деталей в одну



Все изделия — собственность Baker Hughes

УПЛОТНЕНИЕ ОТКРЫТОГО СКВАЖИННОГО ПАКЕРА

Baker Hughes, США

Задача:

- Эксплуатация при давлении в скважине выше 120 МПа
- Многоступенчатые испытания на перепады давления более 69 МПа
- Максимальный поток — 35 баррелей в минуту

Результат:

- Успешно пройдены 4 из 5 стадий испытаний
- Максимально достигнутое давление в скважине — 124 МПа
- Максимальное давление изоляции скважины — 105 МПа
- Максимальный поток — 20,4 барреля в минуту
- Достигнут рабочий угол 5,6 °/30 м

Возможность установки пакера с открытым отверстием на 120 МПа с опорными кольцами, изготовленными по технологии селективного лазерного сплавления



Baker Hughes



Все изделия — собственность Baker Hughes

НАСАДКА ДЛЯ УДЛИНЕНИЯ КАБЕЛЯ ДВИГАТЕЛЯ CL20

Baker Hughes, США; 2023 г.

Проблема:

- Обрыв цепочки поставок из-за брака и ненадежной логистики от производителя
- Длительное время производства литых деталей
- Сложность механической обработки литых заготовок

Результат:

- Предотвращен риск срыва контракта из-за отсутствия запчастей
- С 2023 года изготовлено более 650 штук деталей
- Обработано более 50 скважин

Baker Hughes



- Снижение времени поставки на 60%
- Обеспечение продолжительной непрерывной цепочки поставок критичного компонента

Серийное изготовление критичного компонента



ШЕСТИГРАННЫЙ ДЕЛИТЕЛЬ ПОТОКА FISHER™ CAVITROL™

Emerson Electric Co, США; 2018;
Материал: сталь 316L, кобальт R31233

Проблема:

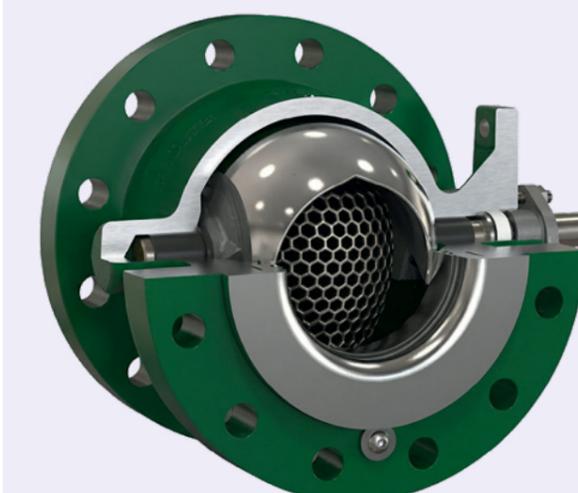
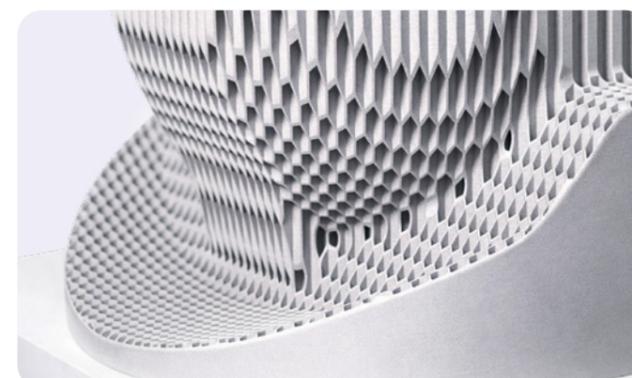
Традиционные методы производства устройства Fisher™ Cavitrol™ включают трудоемкие процессы сборки, что приводит к длительным срокам изготовления и ограниченному сроку службы компонентов.

Компания Emerson искала более эффективное решение для удовлетворения растущего спроса на крупные и сложные проекты.

Результат:

- Сокращение сроков изготовления: более быстрый вывод на рынок новых продуктов
- Экономия средств: снижение производственных затрат, в том числе затрат на материалов
- Повышенная гибкость конструкции: возможность создавать сложные геометрические формы по индивидуальному заказу

EMERSON



ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОЛЛЕКТОР ДЛЯ ПРИВОДА КЛАПАНА

Valland spa, Италия; 2020 г.

Задача:

- Обеспечить необходимые прочностные характеристики
- Снизить вес компонента и оптимизировать топологию каналов
- Сократить время изготовления и снизить общую трудоемкость
- Обеспечить возможность быстрой индивидуализации компонентов

Результат:

- Снижение веса компонента на 62%
- Сокращение сроков производства в 3 раза

VALLAND



Трехкратное сокращение времени производства и дополнительные возможности по индивидуализации конечных изделий



ИМПЕЛЛЕР БАЛЛАСТНОГО НАСОСА

EUREKA; Equinor; Норвегия; 2020 г.

Проект по реинжинирингу рабочего колеса балластного насоса морской платформы.

Задача:

- Обеспечить наилучший КПД в точке с производительностью 50–60 м³/ч
- Снизить уровень вибраций и энергопотребление
- Получить сертификат разрешения эксплуатации по стандарту DNV-GL STB203

Решение:

- Было проведено перепроектирование импеллера насоса при гидродинамическом моделировании и с учетом возможностей получения компонента методами аддитивных технологий
- Было проведено тестирование на испытательном стенде и получен сертификат годности компонента по стандарту DNV-GL STB203

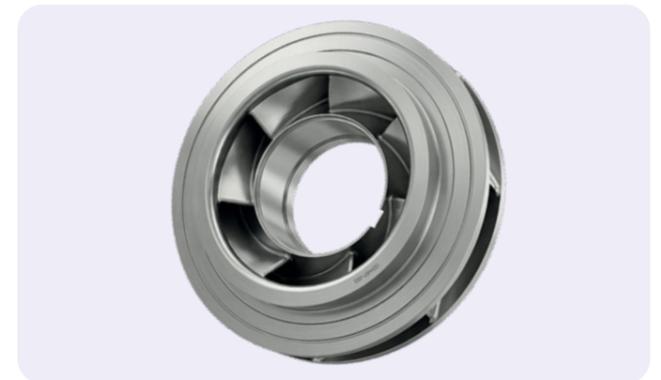
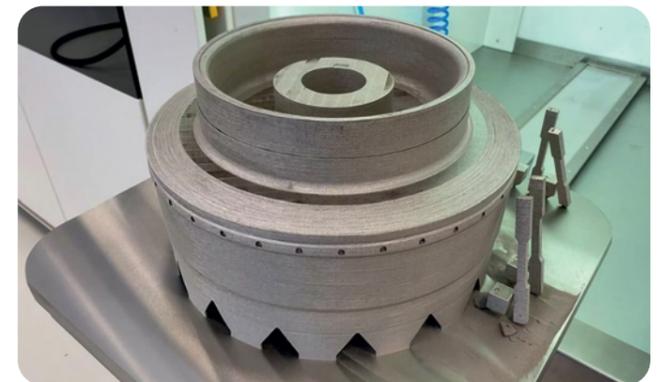


EUREKA



Результат:

- Сокращение энергопотребления на 78%
- Наилучший КПД насоса при 50 м³/ч
- Уменьшение звукового давления и вибраций в два раза
- При проектировании нового насоса для заказчика с КПД 200 м³/ч срок разработки и изготовления сократился до 8 недель
- Получен сертификат по стандарту DNV-GL STB203



ДРОССЕЛЬНЫЙ КЛАПАН ПОТОКА СКВАЖИННОЙ ЖИДКОСТИ

IMI plc; Великобритания; 2021-2023 г.

Существующий файл печати из проекта 2021, который включает в себя весь набор инструкций, был извлечен из PLM-системы IMI Critical и отправлен на шесть производственных площадок на трех континентах — четыре в США, одну в Азии и одну в Европе.

В CMS участвовали Stratasys Direct Manufacturing (Остин, Техас), Duncan Machine Products (Дункан, Оклахома), Knust-Godwin (Кэти, Техас), Avaco (Южная Корея) и Schoeller Bleckmann Oilfield Equipment (SBO, Австрия). Шестой тираж был выпущен в штаб-квартире Velo3D в Калифорнии.



Цель проекта:

Тестирование распределённой сети поставок запасных частей бурового инструмента повсему миру

Данная деталь соответствует спецификации API20S Американского института нефти (API)



ФИКСИРУЮЩИЕ РАЗЪЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ

Galperti; Италия; 2024 г.

Компании Galperti Engineering и Flow Control SPA внедрили аддитивное производство для изготовления фиксаторов и кронштейнов. Внедрив технологию металлической 3D-печати, они выпустили новую линейку фиксирующих разъемов из Inconel 625, полностью взаимозаменяемых с их устаревшими продуктами.



Основные преимущества от внедрения:

- Сокращение времени производства и выполнения заказа на 80% для деталей из специальных материалов
- Замена сложных материалов — Инконел 625 заменил ряд материалов из дуплекс и супердуплекс сталей
- Полное соответствие стандартам API и ASME
- Организация производства запчастей по запросу

До 80% сокращение времени производства и поставки компонентов



РЕАКТОРЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

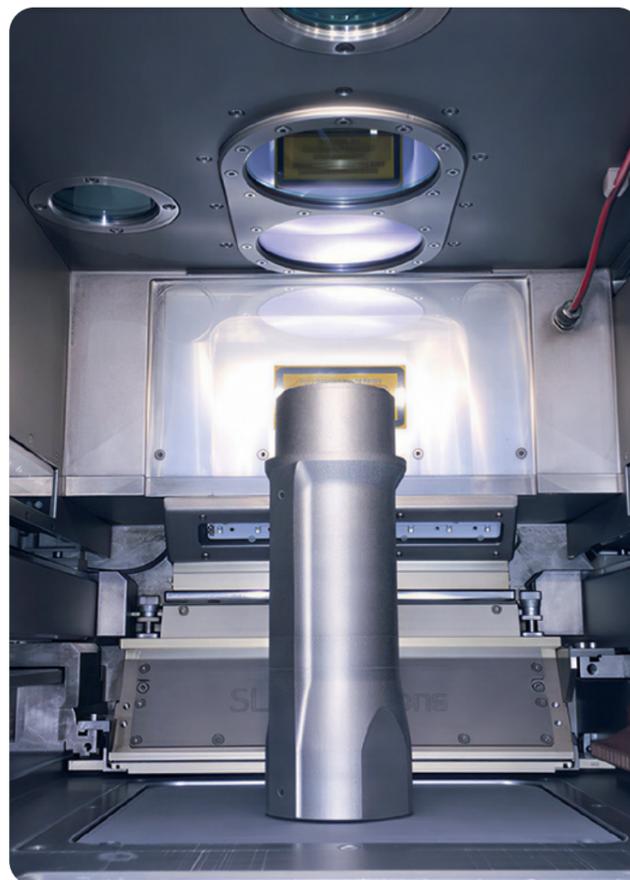
THALETEC GmbH; Германия; 2019 г.

Реакторы высокого давления используются в технологических процессах для проведения химических реакций под давлением до 200 бар. На сегодняшний день эти реакторы изготавливаются из таких материалов, как нержавеющая сталь или Хастеллой. Для использования с химически высокоагрессивными продуктами реакторы высокого давления также оснащаются футеровкой из ПТФЭ.



Результат:

- Значительное улучшение теплопередачи и снижение инертности реактора при управлении температурой
- Увеличение рабочего давления в реакторе
- Снижение веса
- Гарантированное нанесение прочного химически стойкого покрытия на внутренние стенки реактора



ЭЛЕМЕНТЫ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Bonney Forge Corporation; США; 2023 г.

Международная организация по сертификации компонентов нефтегазовой промышленности DNV выдала европейский сертификат соответствия компании Shell и американскому производителю фитингов и запорной арматуры Bonney Forge на задвижку, напечатанную на 3D-принтере. Shell и Bonney Forge совместно разработали деталь, которая была напечатана из сплава нержавеющей стали UNS S31603 в Центре аддитивных технологий, расположенном в кампусе Shell Energy Transition в Амстердаме.



ЭЛЕМЕНТЫ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

АО «Лазерные системы»; Россия; 2025 г.

Изготовлены элементы бурового инструмента – дебризный фильтр колонны и кронштейн бурового инструмента.

Детали изготовлены на оборудовании LS-450-M от АО «Лазерные системы». При одном рабочем цикле в установку помещается до 40 шт деталей дебризного фильтра и до 60 шт деталей кронштейна бурового инструмента.

ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ



УСЛУГИ КОНТРАКТНОЙ ПЕЧАТИ В ЦЕНТРЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В 2024 году «Лазерные системы» открыли на своей производственной площадке Центр аддитивных технологий (ЦАТ).

ЦАТ оказывает услуги контрактной 3D-печати металлических изделий по чертежам и 3D-моделям заказчика. Печать осуществляется по технологии SLM из металлических порошков.

В составе ЦАТ: парк аддитивных установок с полем построения от 150 до 500 мм; участок механической обработки; оборудование металлографической лаборатории; разрывная машина; координатно-измерительная машина; оборудование для измерения твердости и шероховатости поверхности; 3D-сканеры.

Помимо печати деталей ЦАТ обеспечивает комплекс технологических операций:

- Удаление поддержек с последующей механической обработкой
- Первичная термообработка (отжиг)
- Пескоструйная обработка или галтовка
- Контроль геометрических, металлографических и физико-механических параметров изделий



ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ

- 1 Высокая экономическая эффективность при производстве запасных частей и деталей к импортному оборудованию
- 2 Широкая номенклатура деталей, подходящих для аддитивного производства
- 3 Кратчайшие сроки изготовления сложного изделия
- 4 Отсутствие необходимости производства сложной технологической оснастки
- 5 Гибкость и адаптивность технологии под нужды потребителя

- Полностью российское оборудование («Лазерные системы» — первая компания, которая подтвердила российское происхождение аддитивного оборудования, получив заключение Минпромторга в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 719)
- Высокое качество, подтвержденное правительственной наградой (в 2024 году компания получила Почетный знак «За качество» за достижение высокого качества в сфере производства 3D-оборудования и внедрения высокоэффективных методов менеджмента)
- Работа с порошками отечественного и зарубежного производства: нержавеющие стали; жаропрочные никелевые сплавы; алюминиевые сплавы; титановые сплавы; Co-Cr сплавы; медные сплавы; порошки чистой меди; специальные материалы
- Поддержка заказчика на всех этапах жизненного цикла проекта: от подготовки концепции аддитивного участка и экономического обоснования до постгарантийного сервиса и комплексной поддержки заказчика
- Линия технической и информационной поддержки 24/7



КОНТАКТЫ

198515, г. Санкт-Петербург,
п. Стрельна, ул. Связи, д. 28,
корп. 2, стр. 1

тел. +7 (812) 612-02-88
additive@lsystems.ru



lsystems.ru



metalprint.ru