

at:

АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ



ЛАЗЕРНЫЕ
СИСТЕМЫ

СИСТЕМЫ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ M250 и M350



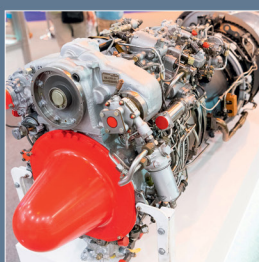
**ИННОВАЦИОННЫЕ 3D-ПРИНТЕРЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ПОЛНОСТЬЮ РОССИЙСКОЙ РАЗРАБОТКИ**

lssystem.ru



Стратегия
развития
аддитивных
технологий

10



Аддитивные
технологии
для ракетно-
космической
отрасли

36



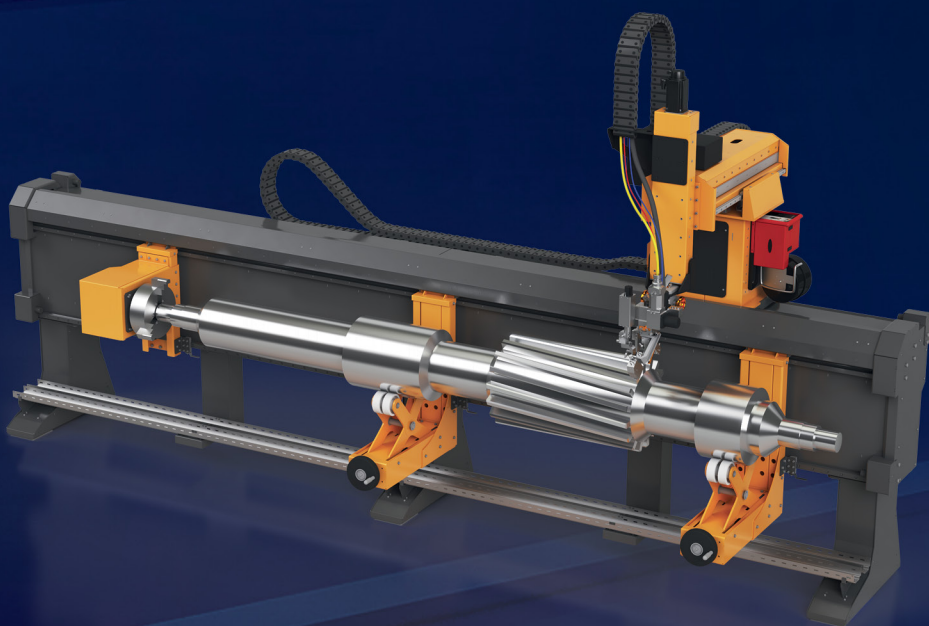
Зачем
моделировать
микроструктуру
материала
при 3D-печати

40



ПОЛНОСТЬЮ УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ FL-CPM

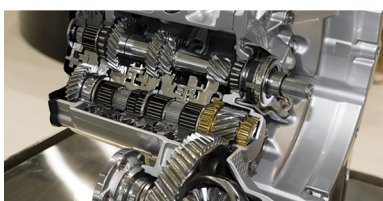
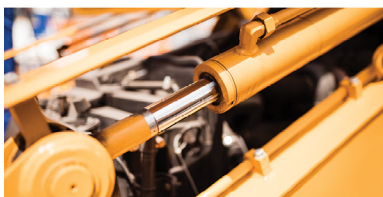
FL-CPM – это универсальная многоосевая система станочного типа для обработки деталей – тел вращения. **Модульная конструкция** координатной системы и **широкий выбор** съемных навесных элементов крепления заготовок дают возможность создать вашу **уникальную конфигурацию станка**.



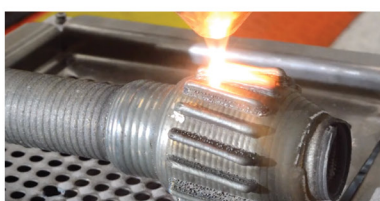
**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР IPG
ПОЗВОЛЯЕТ СОКРАТИТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ**

Примеры применений

Сварка деталей вращения, профильных изделий, валов



Наплавка валов, наплавка шестерен



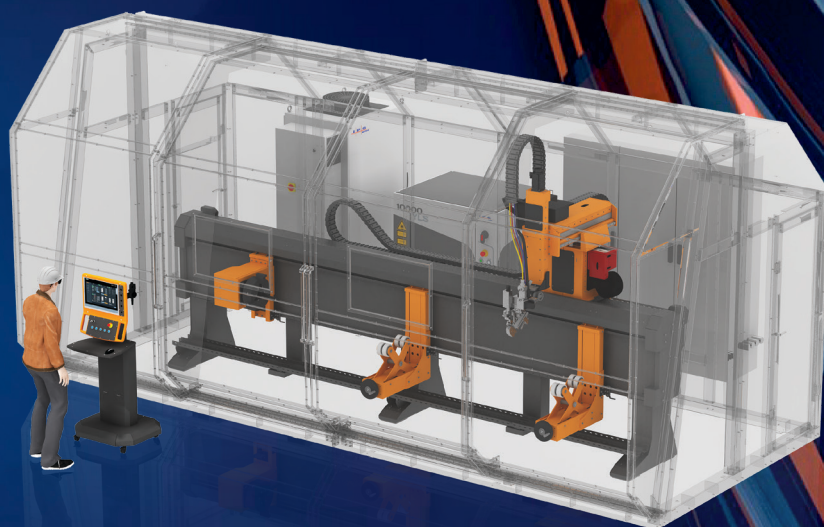
Термоупрочнение резьбы, валов, зубчатых колес



ЛЮБАЯ КОНФИГУРАЦИЯ ПОД ЛАЗЕРНУЮ СВАРКУ, НАПЛАВКУ ИЛИ ТЕРМООБРАБОТКУ

Система **FL-CPM** обеспечит
вашему производству
**высоколиквидный автома-
тизированный процесс**
обработки различных
деталей.

Возможность смены
оптических голов позволяет
осуществлять **различные
техпроцессы на одной
установке.**



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ РАЗРАБОТКИ С УДОБНЫМ И ПОНЯТНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

СВАРКА. Экономия времени и электроэнергии: скорость лазерной сварки 1–10 м/мин, сварной шов не требует дополнительной обработки, зона термического влияния лазерной сварки не более 0,5 мм, возможность полной автоматизации. Эффективность и гибкость в использовании: наименьший размер сварного шва и зоны термического влияния, высокая повторяемость процесса, быстрая перенастройка при переходе на изготовление нового изделия.

НАПЛАВКА. Высокий коэффициент использования материала: в случае наплавки проволокой – 100% (до 90% при наплавке порошком). Локальная обработка поверхности, минимальная постобработка, стабильная высота наплавляющего слоя, минимальное перемешивание основного и наплавляемого материалов. Отсутствие деформации изделия в процессе обработки.

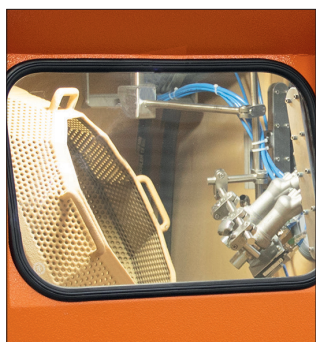
ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕ. Локальный нагрев поверхности – термообработка не всей детали, а ее локальных участков, подверженных износу. Быстрый термический цикл – высокая скорость нагрева и охлаждения обрабатываемых поверхностей – уменьшение размера зерна материала. Высокая твердость поверхности и однородность структуры. Твердость обрабатываемых изделий/участков повышается более чем в 2 раза (толщина слоя 0,5–1,8 мм). Деформация при лазерном термоупрочнении более чем на порядок меньше, чем при термоупрочнении традиционными способами.

Подробнее обо всех новинках вы можете узнать у
наших консультантов по e-mail и телефону:

+7 (496) 255-74-46; sales@ntoire-polus.ru

www.fl-cpm.ru

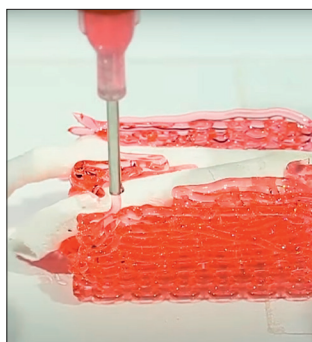




8



33



38

СОДЕРЖАНИЕ

- 6** «Лазерные системы»: комплексный подход в области разработки, производства и реализации серийного аддитивного оборудования
- 8** Alfa Romeo Racing ORLEN и AM Solutions совместно работают над развитием инновационных процессов
- 10** Стратегия развития аддитивных технологий
- 12** Новое мышление. Аддитивное
- 13** Форум «ИНДУСТРИЯ-3D»
- 33** «ТехноКлуб 3D»: развитие аддитивных технологий для промышленности
- 36** Аддитивные технологии для ракетно-космической отрасли
- 38** Новости медицины и биопечати
- 40** Зачем моделировать микроструктуру материала при 3D-печати

Издатель ООО «ПРОМЕДИА»

директор О. Фалина

главный редактор

М. Копытина

отдел редакции:

Т. Карпова, Э. Сацкая

С. Куликова

консультант:

Н.М. Максимов

nikamax@gmail.com

отдел рекламы

т/ф (499) 55-9999-8

АДРЕС: 101000, Москва,
Милютинский пер., 18А,
оф. 36с, помещение 1
т/ф (499) 55-9999-8
(многоканальный),
e-mail: info@additiv-tech.ru
www.additiv-tech.ru

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС 77-67106 от 15.09.2016.

Тираж 5000 экз.

Распространяется на выставках
и по подписке.

Перепечатка опубликованных
материалов разрешается только
при согласовании с редакцией.
Все права защищены®.
Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в рекламных материалах
и оставляет за собой право
на редакторскую правку текстов.
Мнение редакции может
не совпадать с мнением авторов.

Alloy 718

Gr5

ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

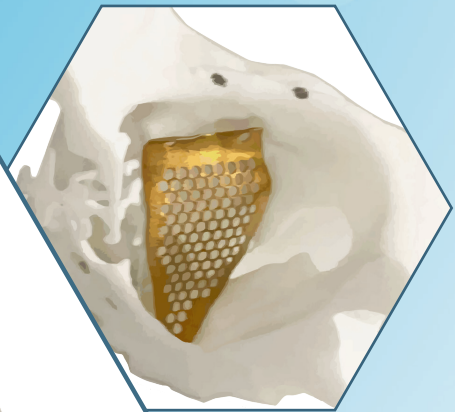
ЭП962НП



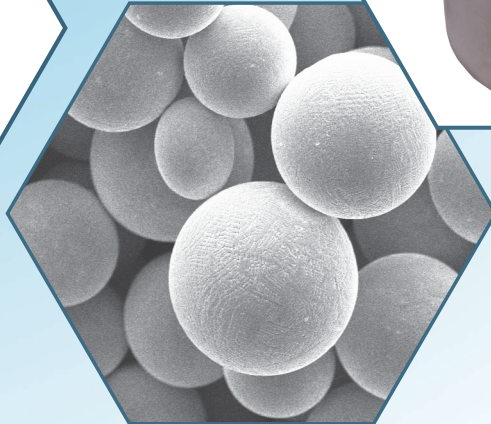
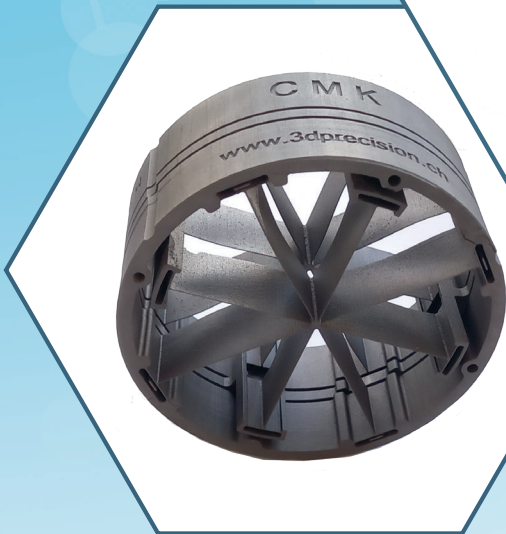
ЭП741НП

BT6

Ni Ti



Alloy 625M



www.cmk-group.ru

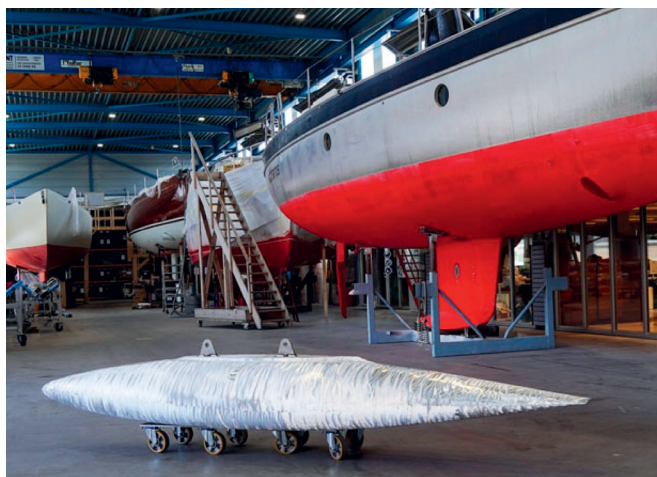


АО «Ступинская металлургическая компания»
Россия, Московская обл., г. Ступино,
ул. Пристанционная, вл. 2
+7 (495) 598 50 00 доб. 4001/4002

cmk_stupino

Напечатанный металлический киль

МХ3D, известный производитель, использующий металлическую 3D-печать, совместно с производителем яхт KM Yachtbuilders спроектировали и изготовили киль для яхты с внушительными габаритами — 4 метра в длину, 650 мм в диаметре. Вес изделия — 180 кг. Полностью созданная на заказ деталь демонстрирует все возможности технологии WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing). В долгосрочной перспективе цель голландских партнеров состоит в том, чтобы сертифицировать этот тип изделия и предложить альтернативу традиционным методам производства. Они стремятся иметь возможность печатать на 3D-принтере запчасти и готовые детали для любого типа лодок.



<http://3dmag.org>

Первый в мире

Инженеры из Производственного технологического центра Ковентри (Coventry Manufacturing Technology Centre, МТС, Великобритания), создали изделие, которое можно охарактеризовать, как первый в мире электрический двигатель, изготовленный исключительно при помощи технологий трехмерной печати. Данная работа является первым шагом на пути коммерциализации подобных технологий, которые ранее были только предметом теоретических исследований. «Разработка электродвигателей не получала такого сильного толчка уже около ста лет, несмотря на вкладываемые в это дело финансы и высокий приоритет данного направления

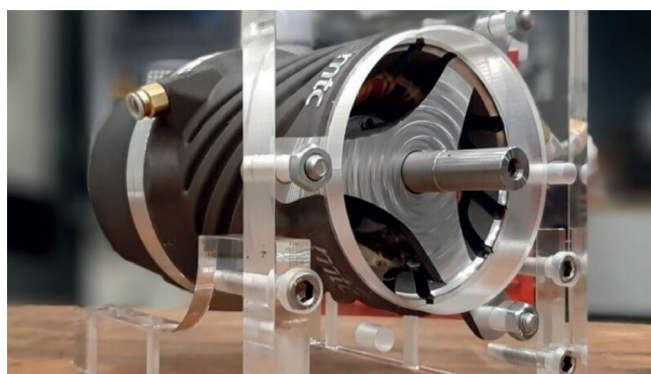


Инновации в судостроении

24 сентября 2021 г. на Средне-Невском судостроительном заводе состоялась торжественная церемония спуска на воду инновационного научно-исследовательского судна «Пионер-М», на котором будет отрабатываться технология безэкипажного судовождения.

В ходе мероприятия в цеху завода была организована импровизированная выставка инновационных технологий современного судостроения. Ее часть, посвященная аддитивным технологиям в судостроении, была создана совместно АО «ОСК» и Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом. Высоким гостям были продемонстрированы следующие образцы изделий, выполненных с помощью аддитивных технологий: гребной винт ДРК-150 с топологически оптимизированными пустотелыми лопастями, рабочее колесо водометного движителя, образец лопасти гребного винта с оптимизированной внутренней структурой (ИЛИСТ СПбГМТУ, прямое лазерное выращивание, нержавеющая сталь), а также турбинное колесо (АО «ОСК», SLM, титановый сплав).

www.smtu.ru



у компаний-производителей», — считает Стив Несбитт, инженер-технолог и руководитель центра МТС.

<https://dailytechinfo.org>

Новый компактный флагман IPG

Обновленная флагманская серия лазеров YLS-U от компании IPG разработана с учетом всех пожеланий пользователей. Выходная мощность до 10 кВт и встроенная усовершенствованная система защиты от обратного отражения позволяют обрабатывать большинство металлов, используемых в промышленности.

Помимо высочайшей надежности лазеров IPG отличительными особенностями именно линейки YLS является модульная конструкция и наличие системы быстрой самодиагностики, которые вкупе



с преимуществом российского производства и сервисного центра позволяют держать под контролем

состояние источника, не боясь внезапных отказов и долгосрочного простоя оборудования.

Ультеракомпактный корпус и встроенный осушитель, а также стандартные интерфейсы управления с возможностью опционального добавления специализированных (ProfiNet, EtherCAT и т.д.) обеспечивают легкую интеграцию в различные промышленные установки резки, сварки, наплавки, термупрочнения и т.д.

Более подробную информацию о новинках вы можете узнать на сайте www.ipgphotonics.com.

Штучное изделие

Главной изюминкой компактного электрохэтчбека Yo-Yo стартапа из Италии X Electrical Vehicle (XEV), который был продемонстрирован на мюнхенском автосалоне IAA Mobility 2021, является то, что он не будет собираться на классических производственных линиях. Итальянская компания будет штучно по заказам печатать автомобиль на 3D-принтере. Несмотря на это, модель является полноценным транспортным средством, хоть и не в самом обычном его проявлении. Длина машины составляет всего 2 500 миллиметра. В движение хэтчбек приводится с помощью одного электрического двигателя с максимальной мощностью 30 лошадиных сил. Установлен аккумулятор на 9,2 кВт/ч, который позволит проехать на одном заряде около 150 километров. С такими характеристиками машина разгоняется всего до 80 км/ч.



<https://aem-group.ru/>

Новые горизонты



Специалисты государственного научного центра РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» в рамках совместной работы с АО «ЗиО-Подольск» (предприятия входят в машиностроительный дивизион «Росатома» — АО «Атомэнергомаш») впервые в России изготовили, применив аддитивные технологии, опытный образец сепарационного элемента для энергетических установок серийных атомных ледоколов. Разработанная конструкция также может быть применена в проектах плавучих энергетических блоков, в том числе модернизированных. Изделие было изготовлено по технологии прямого лазерного выращивания из коррозионностойкой стали в кооперации с ФГБУ ВО «СПбГМТУ» и ПАО «Русполимет». Применение аддитивных технологий для серийного изготовления сепарационного модуля позволит сократить время производства в среднем до четырех раз.

<https://aem-group.ru/>

«Лазерные системы»: комплексный подход в области разработки, производства и реализации серийного аддитивного оборудования

В 2018 году компания «Лазерные системы», ведущий российский разработчик оборудования на основе лазерных технологий и оптоэлектронных систем, вывела на рынок свою инновационную разработку — промышленный принтер для 3D-печати металлических деталей M250 с габаритами рабочей области построения 250×250×250 мм, использующий технологию селективного лазерного сплавления (СЛС). Специалистам АО «Лазерные системы» удалось успешно реализовать передовые технические и программные решения, которые стали отличительными особенностями установки M250 перед имеющимися аналогами: работа с металлическими порошками отечественного и зарубежного производства; двухканальная лазерная вариофокальная система; лазеры мощностью от 200 до 1000 Вт; одновременная работа двух лазеров на одном рабочем поле с его полным перекрытием; создание и поддержание защитной атмосферы с промежуточным вакуумированием; собственное ПО с модульной системой контроля качества.

Развитие аддитивных технологий для компании является одним из приоритетных направлений. В конце 2020 г. линейка установок СЛС пополнилась модификацией M350 с увеличенными размерами рабочей области построения до 350×350×350 мм. В 2021 г. новая установка M350 была поставлена и успешно запущена в эксплуатацию на производственной площадке ПАО «Северсталь». Оборудование было введено в эксплуатацию на

Череповецком металлургическом комбинате для производства облегченных топологически оптимизированных деталей для агрегатов ЧерМК: форсунок, плунжеров и сопел. С помощью нового принтера череповецкие металлурги получили возможность регулировать свойства будущего изделия и выбирать различные технологические режимы печати и сплавы в соответствии с геометрией деталей, задаваемые в специализированном программном обеспечении, которое является запатентованной разработкой компании «Лазерные системы». Установка M350 интегрирована в производственные возможности аддитивного кластера цифровой платформы Metal Processing Hub, <https://mph.severstal.com>. Данная цифровая платформа создана

ПАО «Северсталь» и объединяет производственные мощности металлообрабатывающих и машиностроительных предприятий из контура «Севергрупп».

Перед запуском оборудования сотрудники дирекции по ремонтам ПАО «Северсталь» прошли специализированное обучение по работе с оборудованием и программным обеспечением, выпустили тестовые детали.

Вопросу обучения персонала заказчика и всесторонней сервисной поддержки в «Лазерных системах» уделяют повышенное внимание. Своим стратегическим конкурентным преимуществом «Лазерные системы» считают то, что компания выступает для заказчика в качестве комплексного поставщика: и оборудования, и услуг, и компетенций.



Проблему отсутствия у персонала заказчика компетенций для работы со сложным оборудованием компания решает, разрабатывая совместно с заказчиком программы обучения сотрудников по всем аспектам эксплуатации 3D-принтеров. Программа обучения многоступенчатая и состоит из нескольких этапов, включает в себя обучение как на территории производителя, так и на территории заказчика. В результате обучения персонал заказчика оказывается полностью подготовленным для работы с оборудованием. И далее, в течение года после внедрения, «Лазерные системы» предоставляют комплексную бесплатную технологическую поддержку заказчика.

«В целом компания уверенно смотрит в будущее: договоры на поставку установок СЛС заключаются, портфель заказов уверенно растет. Этому способствует, в том числе, и успешное прохождение квалификационных тестовых испытаний, проведенных за последние несколько лет с крупными промышленными предприятиями из контура Ростех и Роскосмос. «Лазерные системы» активно сотрудничают с «Русатом — Аддитивные Технологии» (ГК Росатом) в области реализации дорожной карты развития аддитивных технологий в России.

В настоящее время правительством утверждена «Концепция развития стандартизации в РФ до 2030 года» и «Лазерные системы» принимают активное участие в разработке предложений для ее реализации. В частности, компания является действующим членом Технического комитета по стандартизации «Аддитивные технологии» (ТК 182) и участвует в согласовании и утверждении новых стандартов в области аддитивных технологий, которые разрабатывает комитет.

У нас, как у компании с многолетним опытом работы в сфере аддитивного производства, есть



понимание, какие проблемы сегодня тормозят развитие 3D-печати в России, и какие меры помогут существенно ускорить её продвижение, — говорит Дмитрий Васильев, генеральный директор АО «Лазерные системы». — Существует ряд проблем, которые требуют серьезного внимания и поиска решений, это и ограниченная нормативно-правовая база, и вопрос импортозамещения комплектующих при производстве, и дефицит квалифицированных кадров. Наша компания принимает активное участие в поиске решений, например, для подготовки квалифицированных кадров по технологии селективно-

го лазерного сплавления (СЛС), мы, совместно с БГТУ «ВОЕНМЕХ», разработали и внедрили в ВУЗе многоэтапную программу целевой подготовки специалистов в области применения аддитивной технологии селективного лазерного сплавления на производстве. Программа уже подтвердила свою эффективность на практике: студенты-выпускники успешно работают, развивая направление аддитивного производства в различных отечественных компаниях, в том числе и в «Лазерных системах». ■

www.lsystems.ru

Alfa Romeo Racing ORLEN и AM Solutions совместно работают над развитием ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Команда Alfa Romeo Racing ORLEN сделала еще один шаг вперед в развитии технологических инноваций, объявляя о партнерстве с компанией AM Solutions — брендом группы компаний Rösler. Согласно одному из условий «Соглашения по активизации процесса последующей обработки деталей, изготовленных методом аддитивных технологий», Alfa Romeo Racing ORLEN приобретет три установки S1 производителя AM Solutions — 3D post processing technology для дальнейшего развития автоматизации, повышения рентабельности и достижения стабильного воспроизведения результата последующей обработки.

AM Solutions — бренд группы компаний Rösler, мирового лидера в области обработки поверхности, предлагающего продукцию и услуги, разработанные с учетом потребностей заказчика и ориентированные на соответствие предъявляемых требований и удовлетворение потребностей аддитивного производства. 3D-печать все больше и больше оказывает влияние на все стадии промышленного производства. Такое развитие не обошло стороной и команду разработчика «Формулы-1». Передовые разработки AM Solutions позволяют получить промышленные решения для постобработки деталей, изготовленных методами аддитивных технологий на основе полимерного материала и металла, в полуавтоматическом и полностью автоматическом режиме.

Большое количество комплектующих деталей гоночного автомобиля Alfa Romeo Racing ORLEN C41, который выступит на чемпионате мира по шоссейно-кольцевым автогонкам «Формула-1» сезона 2021, изготовлено методом аддитивных технологий. Возможность высокоточного изготовления деталей эффективным и экономически выгодным способом предоставляет команде большие преимущества. Новая установка S1, разработанная брендом AM Solutions для автоматического удаления остаточ-

ного порошка и струйной очистки малых и средних партий деталей, изготовленных методом аддитивных технологий, содержит многочисленные технические усовершенствования. Новая форма поворотной корзины способствует оптимальному распределению и переворачиванию находящихся в ней деталей. Специально разработанное износостойкое антистатическое полиуретановое покрытие предотвращает окрашивание деталей. Установка полностью соответствует требованиям директив ЕС-ATEX к оборудованию и работе в потенциально взрывоопасной среде, а также оснащена безопасным эргономическим управлением.

Штефан Рёслер, управляющий директор компании Rösler Oberflächentechnik GmbH: «Мы рады сотрудничеству с командой Alfa Romeo Racing ORLEN в сфере последующей обработки деталей, изготовленных методом аддитивных технологий. Являясь одной из первых компаний, использовавших 3D-принтеры, фирма Sauber оценила важное значение последующей обработки в аддитивной производственной цепочке в отношении автоматизации, рентабельности и воспроизводимости ре-

*На фото слева направо: Кристоф Ханзен, директор
департамента «Технологии и инновации» компании Sauber Engineering,
и Штефан Рёслер, управляющий директор
компании Rösler Oberflächentechnik GmbH*



зультата. Их фундаментальные знания и опыт помогут нам в дальнейшем улучшить технологические решения и повысить степень узнаваемости нашего еще молодого бренда AM Solutions. Для решения поставленных задач и удовлетворения потребностей аддитивного производства мы делимся нашим многолетним опытом в области обработки поверхности в сочетании с решениями, специально разработанными с учетом потребностей заказчика. Благодаря нашему партнерству мы достигнем взаимовыгодных целей в стремлении к максимальным результатам».

Фредерик Вассёр, руководитель команды Alfa Romeo Racing ORLEN и директор Sauber Motorsport AG: «Аддитивное производство на сегодняшний день играет все большую роль, и каждая новая версия исполнения гоночных автомобилей содержит комплектующие детали, изготовленные методом аддитивных технологий. Дополнительно к ним изготавливаются детали, которые применяются и в других сферах деятельности компании, от моделей аэродинамической трубы вплоть до экспериментальных компонентов. Предложенные инновации AM Solutions помогают нам изготавливать комплектующие быстро, эффективно и с меньшими отходами. Это значит, что мы выигрываем время и деньги, два ресурса, которыми располагаем в нашем спорте в очень ограниченном объеме, в то же время улучшая устойчивость наших производственных процессов. Все это является частью маржинальной выгоды, которую мы получаем во всех аспектах нашей деятельности, продвигаясь к вершине стартовой таблицы».

О компании Rösler

Компания Rösler Oberflächentechnik GmbH, управляемая частным собственником, на протяжении уже более 80 лет занимается производством промышленного оборудования и технологических средств для обработки поверхностей. Наша компания — лидер международного рынка, предлагает широкий ассортимент оборудования, технологических средств и услуг в области техники галтовки и дробеструйной/дробеметной техники для различных отраслей промышленности. Номенклатура технологических средств, насчитывающая

около 15 000 видов, разрабатывается с учетом специфических требований клиентов специально в наших испытательных центрах и лабораториях по всему миру. AM Solutions — бренд группы компаний Rösler — предлагает различные решения и широкий спектр комплексных услуг в сфере 3D-печати/аддитивного производства. И последнее, но не менее важное: наш центральный учебный центр Rösler Академия проводит семинары, ориентированные на практику по технике галтовки и дробеметной/дробеструйной технике, бережливому менеджменту и аддитивному производству. Помимо немецких заводов, расположенных в Унтермерцбах/Меммельсдорф и Бад-Штаффельштайн/Хаузен, группа компаний Rösler имеет 15 филиалов и около 150 дополнительных представительств по всему миру.

О Группе компаний Sauber.

Группа компаний Sauber состоит из трех операционных структур: Sauber Motorsport AG, которая управляет командой Alfa Romeo Racing ORLEN Formula One; Sauber Engineering AG, специализирующаяся на разработке прототипов и аддитивном производстве; и Sauber Aerodynamik AG, которая проводит полные испытания и испытания в масштабе модели в современной заводской аэродинамической трубе и создает новаторские инновации в области аэродинамики. Компании тесно сотрудничают и обмениваются ноу-хау, чтобы применить опыт более 500 преданных своему делу специалистов в штаб-квартире в Хинвиле, Швейцария, для всех внутренних и внешних проектов. С момента основания компании Sauber страсть к гонкам является двигателем ее деятельности.

Более 50 лет инновационная швейцарская компания устанавливает стандарты в проектировании, разработке и строительстве гоночных автомобилей для различных чемпионских серий, таких как «Формула-1», чемпионат Германии среди легковых автомобилей (DTW) и чемпионат мира по автогонкам на выносливость (WEC). После своего дебюта в «Формуле-1» в 1993 году Sauber Motorsport AG создала одну из немногих традиционных и частных команд в этом виде спорта. После 25 лет соревнований в «Формуле-1» компания начала долгосрочное партнерство с Alfa Romeo в 2018 году и принимает участие в чемпионате 2021 года под названием Alfa Romeo Racing ORLEN.

Подробная информация по ссылке: www.rosler.com

Media contact – Rösler Group:
Daniel Hund, Head of Marketing
d.hund@rosler.com
+49 9533 924 802

Media contact:
press@sauber-group.com
Will Ponissi, Senior Communications Manager
william.ponissi@sauber-group.com
+41 79 591 57 85
Katharina Rees, Communications Manager
katharina.rees@sauber-group.com
+41 79 757 52 85

ООО «Рёслер Руссланд»
РФ, 111020, г. Москва, ул. Боровая, д. 7, стр. 4
Тел.: +7 (495) 247-55-80
E-mail: rosler-ru@rosler.com
www.rosler.com

Rösler Oberflächentechnik GmbH
3D post processing technology
Vorstadt 1
DE-96190 Untermmerzbach
Tel.: +49 9533 / 924-0
marketing@rosler.com
www.rosler.com

Стратегия развития аддитивных технологий

Правительство Российской Федерации утвердило Стратегию развития аддитивных технологий на период до 2030 года. Соответствующее распоряжение подписано 14 июля 2021 г. председателем правительства Михаилом Мишустиним.

Аддитивные технологии — отрасль экономики, включающая в себя разработку и производство аддитивного оборудования, комплектующих, материалов для аддитивного производства и специализированного программного обеспечения, а также услуг и инжиниринга в сфере аддитивных технологий. Основными потребителями аддитивного оборудования в промышленности являются сегменты авиастроения (33%), атомной промышленности (30%), медицины (11%), оборонно-промышленного комплекса (13%), ракетно-космического комплекса (7%) и судостроения (5%).

Отрасль аддитивных технологий в России в 2010–2020 годах показала положительную динамику развития и достигла следующих показателей в 2020 году: объем рынка (аддитивного оборудования и комплектующих, материалов для аддитивной печати, услуг и программного обеспечения) — 3560 млн руб.; объем рынка аддитивного оборудования и комплектующих — 2053,8 млн руб.; объем продаж российских компаний на внутреннем рынке аддитивного оборудования и комплектующих — 804,3 млн руб.; объем продаж российских компаний на внешнем рынке аддитивного оборудования и комплектующих — 40,3 млн руб..

Стратегия предполагает рост рынка аддитивных технологий к 2030 году более чем в 3 раза, а объем производства российских компаний должен увеличиться более чем в 7 раз. Достижение поставленной цели планируется обеспечить за счет научно-технического развития отрасли, обеспечения материально-технической базы, разработки и совершенствования национальных отраслевых стандартов, построения системы подготовки производственных, инженерных и сервисных кадров. Эти мероприятия должны привести к долгосрочному росту отрасли со средним темпом не менее 14% в год.

Инструменты реализации стратегии

По направлению «Научно-техническое развитие» планируется разработать и промышленно освоить ключевые аддитивные технологии:

- печати изделий методом селективного лазерного сплавления, микроволнового излучения, электронно-лучевого плавления, прямого выращивания с различными источниками энергии, плазменного выращивания и дуговых процессов;

- производства универсальных материалов (в т.ч. металлических и интерметаллидных) для аддитивного производства изделий со сложной геометрией;

- печати и последующей обработки изделий медицинского применения (включая медицинские инструменты, изделия для имплантации, ортопедии, хирургии, протезирования и общемедицинского применения);

- печати особо ответственных изделий, в том числе для авиационно-космической атомной и радиоэлектронной промышленности, с обеспечением гарантированного уровня свойств; синтеза изделий со сложной геометрией и их последующей обработки с обеспечением гарантированного уровня свойств;

- создания крупногабаритных металлических изделий диаметром более одного метра из различных источников сырья (порошок, проволока, легкоплавные материалы);

- производства различных материалов для аддитивного производства в различных формах (прутка, порошка, филамента);

- систем прогнозирования, мониторинга и моделирования процесса синтеза изделий в аддитивном производстве;

- реализации биопечати (печати биологических объектов, компонентов и тканей);

- постобработки изделий аддитивного производства, в том числе для обработки внутренних поверхностей и каналов, термической и термомеханической, горячей изостатической обработки;

- реализации концепции автономного производства в космосе (создание конструкций из металла в космическом пространстве и в условиях напланетной инфраструктуры, печать зданий для напланетных баз из реголита, аддитивные технологии для добычи полезных ископаемых, 3D-биопечать в условиях открытого космоса и напланетных баз);

- автоматизированного ремонта изделий методами аддитивных технологий (в том числе с применением технологий машинного зрения и обучения);

- автоматизированного возведения жилых домов, зданий и других объектов, а также изделий строительного назначения.

По направлению «Производство» планируется создать серийное производство на территории РФ комплектующих для аддитивного оборудования (оптических сканаторов, лазеров, систем контроля); материалов; оборудования для печати, постобработки и ремонта изделий аддитивными методами; оборудования для изготовления, физико-механической обработки, рециклинга, восстановления и утилизации металлических

порошков для 3D-печати; оборудования для неразрушающего контроля деталей и изделий, изготовленных на аддитивном оборудовании; оборудования для строительной 3D-печати.

По направлению «Отраслевые стандарты» планируется: модернизировать отраслевую систему стандартов и метрологического обеспечения в соответствии с существующими и перспективными международными требованиями к аддитивному оборудованию, аддитивным технологиям и организационным процессам; обеспечить разработку по перспективным видам аддитивного оборудования национальных стандартов с последующей их трансформацией в международные.

По направлению «Кадры» предусматривается: повысить привлекательность отрасли для профессиональных кадров, молодежного кадрового резерва и завершающих подготовку в учебных заведениях; внедрить средне- и долгосрочное планирование, ежегодный мониторинг кадровых потребностей отрасли аддитивных технологий; содействовать актуализации, разработке и дальнейшему развитию системы профессиональных и образовательных стандартов в отрасли; содействовать развитию кадрового потенциала системы подготовки специалистов в области аддитивных технологий.

По направлению «Кооперация» планируется: расширить использование производственных, научных и инженерных ресурсов, привлекаемых по кооперации отраслевыми организациями, включая партнерство с иностранными компаниями; повысить информированность о существующих кооперационных, производ-

ственных и инженерных возможностях, в том числе за счет использования цифровых платформ; исключить регуляторные и организационные барьеры, препятствующие развитию кооперации.

По направлению «Экономическая эффективность» планируется: обеспечить участие отрасли в реализации мероприятий национальных и федеральных проектов и программ; внедрить практику регулярного анализа и прогноза развития рынков аддитивных технологий в интересах системного планирования развития отрасли; стимулировать спрос на аддитивное оборудование российского производства; обеспечить государственную поддержку приоритетных отраслевых проектов и формирование производственных консорциумов; обеспечить вывод аддитивного оборудования российского производства на мировые рынки, в том числе по линии поддержки экспорта; исключить регуляторные и организационные барьеры, препятствующие развитию экспорта аддитивных технологий; обеспечить использование российских аддитивных технологий в наиболее перспективных сферах; обеспечить внедрение актуальных бизнес-моделей в отрасли аддитивных технологий; сформировать и развить отраслевые базы данных, в том числе производителей и экспортеров российского аддитивного оборудования, компетенций и мощностей, технологических решений, а также результатов испытаний образцов изделий, произведенных с помощью методов аддитивного производства, свойств материалов для аддитивного производства и изделий из них. ■

<http://government.ru/news/42769/>



<http://www.laseroptics.ru>

conference@laseroptics.ru

Тел.: +7 (812) 323 6348

Факс: +7 (812) 334 0824

XX Международная конференция «ОПТИКА ЛАЗЕРОВ»

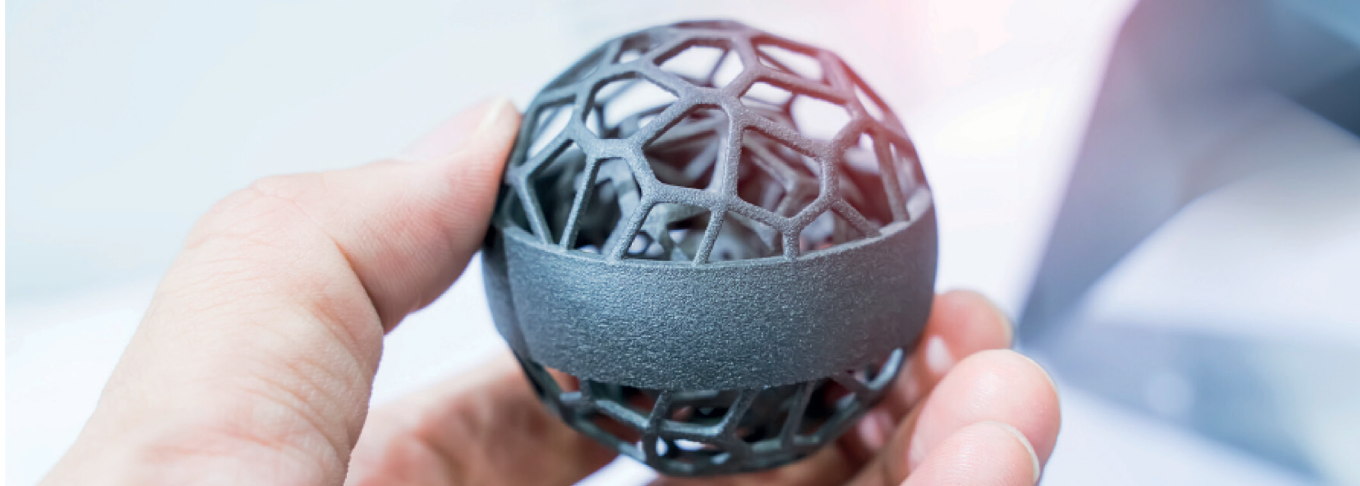
ICLO 2022

г. Санкт-Петербург, Россия, 20-24 июня 2022 г.

**Твердотельные лазеры
Высокомощные лазеры
Полупроводниковые материалы, лазеры и устройства
Управление лазерным излучением
Сверхсильные поля и сверхбыстрые процессы
Лазеры и системы для визуализации,
зеленой фотоники и устойчивого развития
Нелинейная фотоника
Оптические наноматериалы
Лазеры на свободных электронах
Нелинейная и квантовая интегральная оптика
Биофотоника**

Выставка

Официальный язык конференции – английский



Новое мышление. Аддитивное

Зинаида Сацкая



Пять лет назад в рамках выставки «Интерпластика» (организатор «Мессе Дюссельдорф Москва») возник специализированный проект 3D fab + print, который обрёл репутацию элитного клуба российских интеграторов и пользователей аддитивных технологий. В выставке образца 2021 года название 3D fab + print уступило место названию Additive Minded,

что, на наш взгляд, расширяет информационные и коммуникационные возможности проекта. За комментарием мы обратились к вдохновителю этого ребрендинга Дмитрию Трубашевскому, директору по продажам компании «Современное оборудование», более известному в качестве создателя и признанного мозгового центра уникальной площадки в «Фейсбуке» «Аддитивные зарисовки».

Дмитрий, что побудило вас настойчиво лоббировать и добиться изменения названия конференции?

Прежнее название было зарегистрированным брендом немецкого правообладателя. Когда мы впервые в 2017 году обратились с предложением поменять название конференции, нам сказали, что есть официальный бренд и нужно развивать именно его. Мы своих попыток не оставляли, но одновременно с этим я предложил организатору выставки создать некоторую структуру, которая будет заниматься выставками и прочими мероприятиями и которая будет обладать несколько

большими возможностями. Мы снова получили отказ. Но буквально в прошлом году мы услышали, что организаторы готовы создавать с нами новый бренд, потому что за годы существования проекта 3D fab + print сообщество российских аддитивщиков сумело доказать зрелость своего знания и понимания российского рынка.

Чем интересно Additive Minded? Это просто новая стилистика или действительно новое мышление?

Смысл в том, чтобы создать триединое пространство Additive Minded, которое будет объединять науку Additive Minded Science, выставки Additive Minded Expo и круглые столы Additive Minded Talks. Возможно, они нечасто будут пересекаться друг с другом, тем не менее мы видим, что наука и круглые столы прекрасно могут дополнять друг друга.

Какова ваша роль в возникшей структуре? Такая же, как на портале «Аддитивные зарисовки»?

Видимо, да. Мы создали бренд, который действительно не будет так сильно, как раньше, зависеть от немецкой стороны. Мы получили свободу рук в определении содержания проекта, но при этом сотрудничество с обладателем бренда — организатором выставки останется самым тесным.

Это изменит что-то в индустрии?

Я так не считаю, но мы хотя бы начинаем целенаправленно работать в трех сегментах, чего раньше проекту, на наш взгляд, не доставало. Сейчас у нас подписан меморандум о сотрудничестве с одним известным вузом, но подробности мы сообщим после выставки. ■

INDUSTRY 
аддитивные технологии и 3D-решения

КАТАЛОГ УЧАСТНИКОВ “ИНДУСТРИЯ-3D”











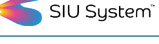


















web.industry3d.ru
info@industry3d.ru



+7 (495) 481-39-44
info@webconf.ru

ОРГАНИЗАТОР ФОРУМА



	Отрасль										Сфера деятельности										
	Авиация и космос	Аддитивное производство	Машиностроение	Медицина	Металлургия и литье	Метрология	Многоотраслевая	ОПК	Судостроение	Транспорт	Госкомпания/Корпорации	Инвестиции	Интегратор	Коммерческая компания/Торговля	Научная организация	Образование	Производитель материалов	IT/ПО	Производитель оборудования	Производственная компания	Услуги 3D-печати/моделирования
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
										+											+
		+																			+
		+												+							
		+																		+	
		+																		+	
		+											+								
		+											+								
																		+			
		+											+								
								+													+
		+												+							
																		+			
		+																		+	
									+												+
		+																		+	
		+																		+	
									+					+							
						+														+	
		+																		+	
										+											+
															+						+
		+																		+	
		+																		+	
																	+				
																	+				
																	+				
								+						+							

	Отрасль										Сфера деятельности										
	Авиация и космос	Аддитивное производство	Машиностроение	Медицина	Металлургия и литье	Метрология	Многоотраслевая	ОПК	Судостроение	Транспорт	Госкомпания/Корпорации	Инвестиции	Интегратор	Коммерческая компания/Торговля	Научная организация	Образование	Производитель материалов	IT/ПО	Производитель оборудования	Производственная компания	Услуги 3D-печати/моделирования
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
						+							+								
		+															+				
		+															+				
		+																	+		
							+						+								
					+												+				
																		+			
							+						+								
							+						+								
	+										+										
							+								+						
		+									+										
		+										+									
		+																		+	
							+					+									
					+												+				
			+									+									
								+	+												
																+					
							+												+		
	+														+						
	+															+					
															+	+					
				+											+						
		+																			+
											+	+									
		+																			+
			+								+										
																+					

10

21



ООО «2050.АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»
127083, Москва, улица 8 Марта, д. 1,
стр. 12, эт. 10, пом. LV1, ком. 2
+7 (905) 017 64 36
mail@2050at.ru
2050at.ru

2050AT — ведущий интегратор аддитивных технологий в индустрию производства, эксплуатации и ремонта подвижного состава в России, резидент фонда «Сколково».

2

21



Лаборатория 3D-услуг 3D-FAB
129226, Москва, ул. Докукина, д. 16, стр. 3
+7 (495) 946 68 76
zakaz@3d-fab.ru, 3d-fab.ru

3D-Fab Sandforms — подразделение группы компаний i3D (НПО «ЗД-Интеграция»). Компания создана как центр компетенций в области цифровой 3D-печати песчаных литейных форм для ХТС-процесса. Для печати используется новейший принтер пятого поколения производства компании FHZL и последние разработки программного обеспечения для проектирования форм, управления производством и бизнес-процессами. Совместно с партнером — АО «Литмашдеталь» отрабатываются новейшие технологические решения, обеспечивающие сжатые сроки производства и стабильно высокое качество отливок по конкурентной цене.

Компания поддерживает прямые связи с производителями оборудования и оперативно внедряет все улучшения и доработки технологического процесса.

2

14



3DFormat
Москва, Строительный проезд, д. 7А, к. 28
+7 (495) 979 28 90
sales@3d-format.ru
3d-format.ru

Компания 3D Format образована в 2008 году. На сегодняшний день 3D Format — одна из старейших команд на рынке 3D-принтеров и 3D-сканеров. У компании большой опыт внедрений промышленных комплексов 3D-оборудования и профессиональных аппаратно-программных специализированных решений, включающих 3D-сканеры и 3D-принтеры.

2

19



ООО «Эксклюзивные Решения»
Санкт-Петербург, Петергофское ш., д. 73
+7 (911) 929 87 65

18



info@3dsla.ru
3dsla.ru

Компания производит системы аддитивного производства для печати металлами, полимерами и керамика-ми; занимается обработкой технологических процессов по выпуску специализированных систем аддитивного производства; отрабатывает технологические процессы по выпуску аддитивными методами продуктов, обладающих уникальными потребительскими свойствами.

Компания «Ф2 Инновации» занимается разработками в области промышленной FDM 3D-печати и производством 3D-принтеров.

Флагманская разработка компании — технология FDM 3D-печати, которая позволяет значительно увеличить скорость печати за счет инновационного метода нагрева сопла, а также повысить качество и прочность создаваемых изделий благодаря разработанным алгоритмам управления процесса экструзии полимеров. На данный момент компания производит принтеры F2 Lite (область печати 450×350×600 мм) и F2 Pro (область печати 1000×600×1000 мм).

Основное направление деятельности группы компаний i3D — системная интеграция промышленных 3D-решений. Компания осуществляет проектирование, внедрение и поддержку сложных комплексов оборудования и ПО для аддитивного производства, контроля и обратного проектирования. Компания i3D является эксклюзивным дистрибьютором лидирующих и хорошо себя зарекомендовавших 3D-производителей инженерного оборудования, ПО и материалов.

Российский дистрибутор ведущих мировых производителей 3D-принтеров, 3D-сканеров, ПО и расходных материалов.

Команда iQB Technologies из 20 экспертов, инженеров и технологов разрабатывает и внедряет уникальные 3D-решения на промышленных предприятиях, в исследовательских центрах, проектах малого и среднего бизнеса.

Управление жизненным циклом изделия, включая решения по цифровой разработке изделия, автоматизации технологической подготовки производства и управлению данными. Проектирование и производство отливок с использованием 3D-печати песчаных форм.



SIU System
Москва, Волгоградский проспект, д. 42, стр. 24
+7 (495) 374 60 07
info@siusystem.ru
siusystem.ru

Компания АО «НПО СИСТЕМ» – ведущий интегратор 3D-решений в России и странах СНГ; авторизованный дистрибьютор ведущих мировых производителей оборудования. Компания имеет большой опыт поставок в крупнейшие государственные и частные предприятия, научные институты.



TEN group
Москва, г. Троицк, ул. Промышленная, д. 2А
+7 (499) 951 94 28
info@tengroup.ru
tengroup.ru

Контрактный инжиниринг аддитивных изделий и 3D-печать металлом и пластиком; контрактная печать медицинских изделий.

Контрактное производство полного цикла – инжиниринг и дизайн, металлообработка, композиты, оптика, сборка.



ООО «Топ 3D Group»
129085, Москва, ул. Годовикова, д. 9, с. 1, пом. 1.2
+7 (499) 110 43 79
sales@top3dgroup.ru
Top3DGroup.ru

Консалтинг по АТ и ЦП, НИОКР, внедрение сложных решений, дистрибуция и развитие дилерской сети по России и СНГ.

Основные направления компании:

- интеграция, консалтинг и e-commerce;
- дистрибуция и дилерская деятельность;
- цифровое производство.



ООО «3D-Медуза»
Москва, ИЦ «Сколково», Большой бульвар, д. 42, с. 1
+7 (926) 495 30 29
info@3d-meduza.ru
3d-meduza.ru

Компания «3D-Медуза» занимается разработкой станков аддитивного производства методом селективного, многолучевого, растрового лазерного плавления.

8 20



АО «Северо-Западный региональный центр
ВКО «Алмаз-Антей» – Обуховский завод»
192012, Санкт-Петербург, проспект Обуховской Обороны, д. 120
+7 (812) 363 93 40
info@dsszrc.ru
nii-ptm.ru

АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» является одним из крупнейших холдингов оборонно-промышленного комплекса России, в состав которого входит более 50 научно-производственных объединений, научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и заводов.

2 19



ООО «Воплощение»
423823, Республика Татарстан, г. Набережные Челны,
ул. Шамиля Усманова, д. 76/39, кв. 54
+7 (960) 086 11 97
info@erit3d.ru
erit3d.ru

ООО «Воплощение» — разработчик и производитель пятиосевых 3D-принтеров «Erit», работающих на FDM-технологии.

2 19



ООО «Геомера»
620137, Екатеринбург, ул. Раевского, д. 4, ком. 111
+7 (343) 382 52 03
info@geomera3d.ru, info@geomera3d.com
geomera3d.ru, geomera3d.com

Разработка высокоточных систем автоматизированного контроля качества геометрии сложнопрофильных деталей и программного обеспечения для обработки трехмерных данных, измерения геометрии и создания трехмерных цифровых двойников детали.

7 14



«Диполь»
197101, Санкт-Петербург, ул. Рентгена, д. 5, корпус Б
+7 (812) 702 12 66
info@dipaul.ru
dipaul.ru

Ключевые компетенции компании «Диполь» — трансфер передовых технологий и их внедрение в производственный цикл отечественных предприятий:

- подбор технологического оборудования под производственный цикл предприятия;
- поставка и пусконаладка технологического оборудования 3D-печати и 3D-сканирования;
- сервисное обслуживание 3D-принтеров;
- поставка расходных материалов;
- поставка программного обеспечения для оптимизации процессов аддитивного производства и техническая поддержка продуктов.



ООО «ИЛМиТ»
119049, Москва, Ленинский проспект, д. 6, стр. 21
+7 (495) 720 51 70 доб. 12-27
info@rusal.com, Rusal.ru

Институт легких материалов и технологий (ИЛМиТ) — научно-производственный центр «РУСАЛа», оснащенный самым передовым оборудованием в области материаловедения и выпуска порошков. Организован в 2017 году на территории крупнейшего металлургического университета НИТУ «МИСиС» (Московский институт стали и сплавов). ИЛМиТ осуществляет исследования и разработки в области материалов на основе алюминия и производственных технологий их получения и обработки.

Партнерство с ведущими отечественными и зарубежными институтами, научными и производственными предприятиями позволяет ИЛМиТ оперативно решать различные мультидисциплинарные задачи в области металлургии алюминия и материалов на его основе.



Инженерно-консалтинговый центр
123060, Москва, ул. Расплетина, д. 5
+7 (495) 142 62 34
az@ec-centre.ru
eccmarket.ru

Аддитивное производство из металлов и полимеров. Изготовление выжигаемых моделей для литья (Quick-cast).

Восстановление металлических изделий методом лазерной наплавки. Нанесение упрочняющих покрытий. Реинжиниринг и оптическая инспекция. Исследования элементарного состава. Металлография. Прочностные испытания.



АО «Концерн «Калашников»
426006, Удмуртская Республика, г. Ижевск,
проезд им. Дерябина, д. 2/193, пом. 78
+7 (800) 200 18 07
info@kalashnikovconcern.ru
kalashnikovgroup.ru

Группа компаний «Калашников» — крупнейший российский производитель стрелкового оружия, высокоточного оружия, широкого спектра гражданской продукции, станков и инструментов.



Центр прототипирования высокой сложности «Кинетика»
119049, Москва Ленинский пр-т, д. 4
+7 (929) 588 57 64
scherbinina.ao@misis.ru, kinetika.center

Инжиниринговый центр прототипирования высокой сложности «Кинетика» — это универсальная современная высокотехнологичная площадка, которая позволяет генерировать, создавать, рассчитывать и строить в цифровом и аналоговом форматах сложные мультиотраслевые промышленные проекты на основе заказов лидеров отечественного машиностроения.

Продуктом центра является комплексный функциональный промышленный прототип в «цифре» и «железе» с уровнем проработки и подготовки, достаточным для постановки изделия на производство. Также продуктом является конструкторская документация к изделию в цифровом и аналоговом форматах.

Компания «Лазерные системы», основанная в 1998 году, уже более 20 лет занимается созданием высокотехнологичной продукции в области лазерной техники и оптоэлектроники. С 2007 г. компания является резидентом АО «ОЭЗ «Санкт-Петербург», где сегодня располагается современный производственный комплекс АО «Лазерные системы» общей площадью свыше 6000 кв. м. Система менеджмента качества предприятия сертифицирована по стандартам ISO 9001:2015, ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ РВ 0015-002-2012.

Группа компаний «Лазеры и аппаратура» – российский лидер в области производства лазерного промышленного оборудования. За 25 лет работы компания произвела и поставила более 800 лазерных станков на промышленные предприятия России и мира.

В состав группы компаний входят серийный завод «Лазеры и аппаратура», производственно-внедренческий центр «Лазеры и технологии», научно-исследовательский и сервисный центр.

Основные типы производимого оборудования: лазерные станки для резки, сварки, микрообработки и 3D-печати.



Московский авиационный институт осуществляет подготовку кадров по всему жизненному циклу высокотехнологичной продукции: от проектирования до реализации отдельных производств.

Сохраняя многолетние традиции, накопленные за годы существования, и развивая новые подходы в области образования, науки и инноваций, университет обеспечивает прочную базу для формирования настоящих лидеров изменений, обладающих компетенциями в самых разных сферах деятельности.



Национальный исследовательский университет техники и технологий, реализующий интеграцию образования и науки с целью подготовки высококвалифицированных специалистов.

МГТУ им. Н.Э. Баумана является опорным университетом национальной программы «Цифровая экономика». Вуз готовит специалистов, способных создавать технологическую базу для сверхбыстрых вычислений, квантовых компьютеров, инженеров сложных коммуникационных систем, программистов-разработчиков.

16



НИТУ «МИСиС»
119991, Москва, Ленинский проспект, д. 4
+7 (495) 638 45 19
imcenter@misis.ru
misis.ru

НИТУ «МИСиС» — крупнейший научно-образовательный центр. Обеспечивает профессиональное образование в материаловедении, металлургии, горном деле, экологии, экономике, производственном менеджменте, а также укрепляет позиции в сфере био-, нанотехнологий и ИТ. В университете действуют более 30 научно-исследовательских лабораторий и 3 инжиниринговых центра мирового уровня, в которых работают ведущие российские и зарубежные ученые, успешно реализуются совместные проекты с крупнейшими высокотехнологичными компаниями России и мира.

16



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

Московский Политех
107023, Москва, ул. Б. Семеновская, д. 38
+7 (495) 223 05 23
mospolytech@mospolytech.ru
new.mospolytech.ru

Московский политехнический университет является крупнейшей образовательной организацией, готовящей квалифицированных специалистов для производства. Это многопрофильное высшее учебное заведение. Учредителем университета является Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

6

14



«МС Метролоджи»
192171, Санкт-Петербург, ул. Седова, д. 65, литер. А, пом. 1-Н
тел./факс: +7 (812) 336 40 50
meritel@metrologi.ru
metrologi.ru

«МС Метролоджи» разрабатывает и внедряет технологии контроля качества в области линейно-угловых измерений для различных областей промышленности. Оказывает комплексные услуги по выбору, поставке и внедрению измерительных систем и другого метрологического оборудования «под ключ».

6

14



ООО «Нева Технолоджи»
198097, г. Санкт-Петербург, ул. Новоовсянниковская, д. 17, лит. А
+7 (812) 380 92 13, +7 (812) 784 15 34
info@nevatec.ru
nevatec.ru

Компания «Нева Технолоджи» была основана в 1997 году, занимает лидирующие позиции по разработке решений по высокоточному контролю геометрии, технологическому оборудованию для композитного производства и системам неразрушающего контроля, раскрою и сопровождению производства композитов.

Компания имеет собственные сервисные и тренинг-центры в Санкт-Петербурге, Москве и Казани.

2

17



ООО «Новапринт 3Д»
121205, Москва, тер. ИЦ «Сколково», ул. Нобеля, д. 3
+7 (999) 546 67 91
info@novaprint3d.ru
novaprint3d.ru

Компания «Новапринт 3Д» специализируется на производстве и продаже инновационных материалов для 3D-печати методом FDM, занимается разработкой линейки композитных филаментов для инженерного и промышленного применения, а также принтеров.

2

17



ООО «Новые дисперсные материалы»
Москва, тер. ИЦ «Сколково»,
Большой б-р, д. 42, стр. 1
+7 (495) 502 29 83
info@ndmlab.com
ndmlab.com

Компания — наукоёмкий стартап. Мы точно знаем, что будущее промышленности за аддитивными технологиями, и поэтому делаем ставку на порошки — основу для развития отрасли.

Наша технология — замкнутый цикл плазменного распыления, конденсации и сортировки. Технология позволяет получать бескислородные сферические нано- и микропорошки металлов и сплавов.

2

19



Общество с ограниченной ответственностью «ОНСИИТ»
(ООО «ОНСИИТ»)
124460, Москва, г. Зеленоград, 4922-й проезд,
д. 4, стр. 2, этаж 2, пом. 1, ком. 7,7а
+7 (964) 718 62 85
info@onsint.ru
onsint.ru

«ОНСИИТ» — производитель 3D-принтеров по технологии SLS (селективное лазерное спекание), резидент фонда «Сколково».

7

14



Группа компаний «Остек»
123592, Москва, ул. Кулакова, д. 20, стр. 1Г
+7 (495) 788 44 41
3d@ostec-group.ru
ostec-3d.ru

ООО «Остек-СМТ» помогает предприятиям в построении цифровых производств, осуществляет комплексное внедрение и сопровождение промышленных систем от ведущих мировых производителей, обеспечивает техническую и технологическую поддержку полного цикла. Компания разрабатывает и внедряет умные решения, обеспечивающие беспрецедентный уровень эффективности и качества, и помогает получать максимальную отдачу от внедряемых технологий.

5 17



АО «ПОЛЕМА»
г. Тула, ул. Пржевальского, д. 3
+ 7 (4872) 25 06 70
polema@metholding.com
polema.net

АО «ПОЛЕМА» — завод порошковой металлургии. Ведущий мировой производитель изделий из высоко-чистого хрома, молибдена, вольфрама, металлических порошков и композиционных материалов.

С 1982 года на предприятии работает крупнейший в России комплекс по производству металлических порошков мощностью 3000 тонн в год. Номенклатура продукции насчитывает более 250 видов металлических порошков для компактирования, наплавки, напыления и 3D-печати. Основы: Fe, Ni, Co, Cu, Zn, W, Mo, Ti, а также смеси и сплавы.

18



Представительство ESI в России
620014, г. Екатеринбург, ул. Хохрякова, д. 74, ком. 402
+7 (343) 385 85 08
vkv@esi-group.com
esi-group.com

ESI — ведущая инновационная компания в области программного обеспечения и консалтинга для создания виртуальных прототипов. Основываясь на физике материалов, компания ESI разработала уникальные программные средства замены физических прототипов будущих изделий, позволяющие виртуально моделировать процесс производства, сборки, тестирования изделий в различных средах, а также проходить предварительную сертификацию.

7 14



ООО «ПРОМТЕХ»
196084, Санкт-Петербург,
ул. Цветочная, д. 25, лит. Е, пом. 2.09
+7 (812) 336 39 45
info@promtehspsb.ru
promtehspsb.rф

Многопрофильная компания ООО «ПРОМТЕХ» занимается комплексными поставками, оказанием услуг, а также разработкой и внедрением высокоэффективного оборудования в области финишных технологий обработки поверхностей изделий из конструкционных материалов.

7 14



ООО «РЕНА СОЛЮШИНС»
445004, Самарская область,
г. Тольятти, Южное шоссе, д. 24А
+7 (915) 332 31 07
evgeny.molchanov@rena-solutions.com
rena-solutions.com

Ключевыми компетенциями RENA SOLUTIONS является поставка решений для автоматизации производственных процессов и оказания услуг по автоматизации производств. Компания сертифицирована в соответствии с ИСО 9001. RENA SOLUTIONS является партнером KUKA Industries GmbH — ведущего мирового интегратора в сфере автоматизации производственных решений. Целью KUKA Industries GmbH является создание глобальной сети квалифицированных промышленных партнеров, обладающих ключевыми компетенциями в своих отраслях и являющихся основой для интенсивного развития бизнеса в долгосрочной перспективе.



Госкорпорация «Роскосмос»
107996, ГСП-6, Москва, ул. Шепкина, д. 42,
+7 (495) 631 98 88
info@roscosmos.ru
www.roscosmos.ru

Госкорпорация «Роскосмос» обеспечивает реализацию государственной политики в области космической деятельности и ее нормативно-правовое регулирование, а также размещает заказы на разработку, производство и поставку космической техники и объектов космической инфраструктуры.

В функции государственной корпорации также входит развитие международного сотрудничества в космической сфере и создание условий для использования результатов космической деятельности в социально-экономическом развитии России.



ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6
+7 (499) 936 86 61, доб. 2661
shchesnyak-ke@rudn.ru
dmetc.rudn.ru

Центр аддитивных технологий РУДН решает задачи по внедрению и развитию аддитивных технологий в различные отрасли промышленности. В центре проводятся исследования по изучению особенностей строения и свойств «напечатанных» материалов, в том числе композиционных, а также исследования, направленные на разработку технологий последующей обработки таких материалов.



ООО «РусАТ»
115409, Москва, Каширское шоссе, д. 49
+7 (495) 988 82 82
rusat@rosatom.ru
rusatom-additive.ru

ООО «РусАТ» — это принципиально новый и активно развивающийся отраслевой интегратор, объединяющий научные и производственные предприятия Госкорпорации «Росатом» в рамках развития отечественных аддитивных технологий. Компания объединяет компетенции научных и производственных предприятий «Росатома» в рамках проекта по развитию аддитивного производства в России.

В настоящий момент «РусАТ» развивает различные технологии аддитивной печати: селективного лазерного плавления (технология SLM, так называемое послойное плавление) и прямого металлического наплавления по технологии DMD (прямое нанесение металла, то есть когда металлический порошок доставляется в зону наплавки одновременно с лазерным лучом). Уже разработана собственная линейка 3D-принтеров с разными объемами построения.



ООО «Синкам»
115230, Москва, Хлебозаводский проезд,
д. 7, стр. 9, пом. XVI, к. 3Б
+7 (495) 308 87 43
ida@syncam.ru, syncam.ru

Компания «Синкам» является официальным дистрибьютором компании Hunan Farsoon High-Tech Co. LTD на территории Российской Федерации и стран СНГ. Компания Hunan Farsoon High-Tech Co. LTD — не только ведущий производитель оборудования аддитивного производства, но и национальный исследовательский центр КНР по аддитивным технологиям.

2 19



ООО «Сканформ»
Москва
+7 (926) 555 73 30
jb@scanform.ru
scanform.ru

Scanform — производитель доступных профессиональных ручных 3D-сканеров.

Компания выросла из проекта создания ручного 3D-сканера для себя. В данный момент вокруг проекта собралась команда единомышленников, и он перерос из хобби в коммерческий проект по созданию недорогого сканера с уровнем сканирования, близким к промышленному оборудованию.

7 12



Фонд «Сколково»
Москва, тер. ИЦ «Сколково»,
Большой бульвар, д. 42, стр. 1, здание «Технопарк Сколково»
+7 (495) 956 00 33
technopark@sk.ru, sk.ru

Число резидентов «Сколково» уже приблизилось к 2,5 тысячам. Фонд оказывает им комплекс услуг, необходимых для вывода разработок на российский и международный рынки. Статус резидента дает компании налоговые и таможенные льготы. В 2019 году выручка резидентов составила более 100 млрд рублей, а сумма привлеченных ими инвестиций превысила 13 млрд руб.

5 17



АО «Ступинская металлургическая компания»
142800, Россия, Московская обл.,
г. Ступино, ул. Пристанционная, вл. 2
+7 (495) 598 50 00
info@cmk-group.com
cmk-group.ru

Производство изделий из жаропрочных никелевых, титановых сплавов и специальных сталей для авиастроения, космической, атомной промышленности, энергетики, машиностроения, судостроения и нефтегазовой промышленности.

3 12



ООО «Современное оборудование»
121095, Москва, ул. Василисы Кожинной,
д. 1, эт. 8, офис 804.4, БЦ «Парк Победы»
+7 (916) 950 21 89
trubashevsky@solver.ru, ddmlab.ru

Компания основана в 2000 году, обладает уникальными компетенциями и опытом в области реализации программ технического перевооружения предприятий на основе внедрения инновационных производственных, управленческих и информационных технологий, а также создания на предприятии организационной структуры, обеспечивающей производство конкурентоспособной продукции.

Одним из приоритетных направлений деятельности являются технологии аддитивного производства, интеграция которых в производство заказчика осуществляется на основе собственной методологии.

9 10



Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет (СПбГМТУ)
190121, Санкт-Петербург, ул. Лошманская, д. 3
+7 (812) 714 07 61
office@smtu.ru
smtu.ru

Институт лазерных и сварочных технологий Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (ИЛИСТ СПбГМТУ) проводит исследования и разработки в области лазерных и гибридных технологий лазерной обработки, аддитивных технологий, новых материалов, включая композиты для производства инновационной техники. Разрабатывает и производит современное промышленное оборудование.

16



ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
127055, Москва, Вадковский пер, д. 3а
+7 (499) 972 94 94
info@stankin.ru
stankin.ru, liat-stankin.com

Основанный в 1930 году ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» по настоящее время продолжает успешную деятельность в области подготовки кадров высшей квалификации для станкоинструментальной, обрабатывающей и машиностроительной отраслей промышленности. Одновременно ведется активная научная работа по получению новых материалов и освоению инновационных технологий для их обработки. Благодаря развитой материальной базе, включающей инжиниринговый центр, обеспечивается высокий уровень практической подготовки обучающихся, трансфер результатов исследований, поддержка сторонних организаций.

7 19



ООО «НПК ТЭТА»
634570, Томская область, Томский район,
с. Богашево, ул. Киевская, д. 27
+7 (3822) 943 977
info@tetacom.ru, tetacom.ru

«ТЭТА» — это разработчик и производитель электронно-лучевого оборудования.

Под брендом «ТЭТА» выступает группа предприятий, основанная в 2008 г. Мы располагаем собственной исследовательской и производственной базой для выполнения всего комплекса научных, опытно-конструкторских, технологических и производственных задач.

Наш основной продукт — это электронно-лучевые сварочные установки. Мы поставляем установки серийные и изготовленные по требованиям заказчика, в том числе для электронно-лучевой плавки и аддитивного производства. Осуществляем монтаж, пусконаладочные работы, сервисное обслуживание.

1 15



ФГУП «НПО «Техномаш»
127018, Москва, 3-й пр. Марьиной Рощи, д. 40
+7 (495) 689 50 66
info@tmnpo.ru
tmnpo.ru

Головная научно-исследовательская организация государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» по технологиям создания изделий РКТ и метрологическому обеспечению ее производственно-технологической базы.

1 16



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»
450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12
+ 7 (987) 254 38 29
office@ugatu.su
ugatu.su

Старейший технический вуз республики, УГАТУ — ведущий и крупнейший федеральный образовательный и научно-исследовательский комплекс, настоящий вузгородок в центре Уфы, один из старейших университетов региона. В Башкортостане только в УГАТУ есть суперкомпьютер, космический научно-образовательный микроспутник «УГАТУСАТ», Центр приема и обработки космической информации, Центр коллективного пользования «Нанотех», лаборатория 3D-визуализации, лаборатория прототипирования.

15 16



Университет ИТМО
197101, Санкт-Петербург,
Кронверкский пр., д. 49, лит. А
+7 (812) 232 97 04
od@itmo.ru, itmo.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» осуществляет образовательную и научно-исследовательскую деятельность по следующим основным направлениям: информационные технологии, фотоника, робототехника, квантовые коммуникации, химия и биотехнологии.

4 15



ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации
инвалидов им. Г. А. Альбрехта Минтруда России»
195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская, д. 50
+7 (812) 448 87 78
reabin@center-albreht.ru
center-albreht.ru

ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России разрабатывает концептуальные и практические аспекты проблем инвалидности и инвалидов.

2 21



«ФИТНИК»
140188, Московская обл, г. Жуковский, ул. Баженова, д. 10А
+7 (495) 783 1378 доб. 172
info@fitnik.tech
fitnik.tech

ООО «ФИТНИК» — совместное российско-немецкое предприятие, созданное лидерами в области проектирования и аддитивного производства — российской компанией ООО «НИК» и немецкой компанией FIT AG.

Цель компании — внедрение в различные отрасли промышленности аддитивных технологий производства деталей и изделий, а также новых подходов проектирования техники.

Деятельность Фонда развития промышленности заключается в предоставлении льготного заемного финансирования действующим промышленным предприятиям на реализацию проектов, направленных на импорто-замещение, освоение наилучших доступных технологий и цифровизацию промышленности. Для реализации новых промышленных проектов фонд предоставляет целевые займы по ставке 1% и 3% годовых сроком до 7 лет в объеме от 5 млн до 2 млрд рублей, стимулируя приток прямых инвестиций в реальный сектор экономики.



АО «Центр аддитивных технологий» создано на базе холдинговых корпораций авиационного комплекса ГК «Ростех» в 2018 году как единый интегратор в области аддитивных технологий. Компания располагает крупнейшим в России парком промышленного оборудования (3D-принтеры, измерительные машины, механообрабатывающее и лабораторное оборудование) для аддитивного производства и профессиональной командой технических специалистов с богатым опытом в области применения новейших технологий. Стратегией компании предусмотрено оказание всего цикла услуг: от реинжиниринга конструкций до серийного производства полного цикла.



АО «НПО «ЦНИИТМАШ» имеет статус головной материаловедческой организации Госкорпорации «Росатом» по созданию конструкционных материалов, технологических процессов и оборудования в области энергетического и тяжелого машиностроения, включая тепловое и атомное машиностроение.



ЯГТУ – крупнейший технический вуз Ярославской области, в котором обучается почти 5000 студентов и аспирантов. Университет предлагает обучение по более чем 80 образовательным программам, входит в сотню лучших университетов России по версии журнала Forbes.

Вуз оказывает широкий спектр услуг проектно-конструкторского, расчетно-аналитического характера, включающие: инженерно-техническое проектирование изделий, технологических (производственных) процессов, объектов капитального строительства; инженерно-технические консультации; услуги управления проектами; услуги по подготовке персонала организаций, связанных с освоением новых производственных технологий.

Форум «ИНДУСТРИЯ-3D»

Главная цель форума «ИНДУСТРИЯ-3D» — объединить всех производителей, интеграторов, пользователей, профессионалов и экспертов, ученых и научных сотрудников, профессоров и преподавателей, связанных с АТ и 3D-решениями, на единой независимой площадке при поддержке профильных министерств и ассоциаций.

Форум «ИНДУСТРИЯ-3D» пройдет в ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне с 18 по 21 октября 2021 года.

РАЗДЕЛЫ «ИНДУСТРИЯ-3D»

18.10 | День Минпромторга и Ассоциации развития АТ | Синий Зал

- 12:00–13:30 **Пленарное заседание: Аддитивное производство: от импортозамещения к технологической конкурентоспособности**
- 13:30–14:00 **Презентация и награждение проектов внедрения в производство/развития аддитивных технологий в рамках номинации «ТехноЛидерPRO»**
- 14:00–15:30 **Панельная дискуссия: «Аддитивные технологии: на пути трансформации производства»**

18.10 | День 3D-стартапов, производителей АТ и 3D-контроля | павильон 1

- 11:00–11:15 Приветственное слово.
Родин Михаил, владелец i3D — НПО «3D-Интеграция»
- Стартапы в аддитивных технологиях**
- 11:15–12:15 **Панельная дискуссия: Стартап в АТ в России — как создать и развить свой стартап**
Спикеры:
Кузнецов Н.М. (Фонд «Сколково»), *Матвеев Е.В.* (F2 innovations), *Авдеев А.Р.* («Стереотек»), *Дубинин А.В.* (TotalZ), *Дубовцев В.* («ONSINT»), *Крупейников И.* (ScanForm)
- 12:15–12:25 Рекламная пауза.
12:25–12:40 Перерыв.
- 3D-решения для контроля и обратного проектирования**
- 12:40–13:40 **Панельная дискуссия: как правильно подбирать оборудование для промышленного 3D-контроля**
Спикеры:
Дюжев М.М. (i3D — НПО «3D-Интеграция»), *Бондарь М.М.* («Нева Технолоджи»), *Крупейников И.* (ScanForm)
- 13:40–15:10 **Доклады по секции: 3D-решения для контроля и обратного проектирования**
Спикеры:
Казакевич Г. (i3D — НПО «3D-Интеграция») — «Ручные Лазерные 3D-сканеры, новинки от компании ScanTech, направление развития технологии. Живая демонстрация работы сканера и ПО для реверс-инжиниринга и контроля качества»
Жуков Д.В. (Siemens) — «От сканера до 3D-принтера за минуты!»
Бондарев Я.В. (ScanForm) — тема уточняется
Дюжев М.М. (i3D — НПО «3D-Интеграция») — тема уточняется
Ошурков С.Г. (ПТС) — «Программное обеспечение для аддитивного производства»
- 15:10–15:25 **Доклад спонсора Форума**
Александров М. (Адвокатское бюро «А2») — «Как взыскать долги, не прибегая к банкротству должника (и что делать, если этого избежать не удалось)»

Технологии 3D-печати металлами для машиностроения

- 11:00–11:15 Приветственное слово.
Родин Михаил, владелец i3D – НПО «3D-Интеграция»
- 11:15–12:15 **Панельная дискуссия: применения 3D-печати в ремонте — перспективы развития в России**

Спикеры:

Чухланцев Д.О. («Новые дисперсные материалы»), *Сапрыкин Д.Л.* (Группа компаний «Лазеры и аппаратура»),
Земляков Е.В. (ИЛИСТ СПбГМТУ), *Трушников Д.Н.* («Гибридное аддитивное производство»)

- 12:15–14:45 **Доклады по секции: Технологии 3D-печати металлами для машиностроения**

Спикеры:

Чухланцев Д.О. («Новые дисперсные материалы») — тема уточняется
Файдель Д. («3D-Медуза») — «Разработка технологии селективного многолучевого растрового плавления»
Дробченко Н. (3DLAM) — тема уточняется
Селиверстов С.Д. («МАИ») — «Разработка методики проектирования деталей двигателей летательных аппаратов с учетом особенностей технологии селективного лазерного сплавления»
Канищев М.В. («2050.АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ») — тема уточняется
Чиж О.В. (Siemens) — «Реальные примеры применения NX в индустриализации аддитивного производства»
Гончаров А.А. (МГТУ им. Н.Э. Баумана) — «Технологические возможности DIW-метода при использовании одновинтовых экструдеров»
Бычков Б.В. («Лазерные системы») — «Передовые российские установки селективного лазерного сплавления, опыт промышленного применения и прохождения квалификационных испытаний»
Сиверский А. (CAE IGA Technologies) — «Ускорение аддитивного производства при помощи интегрированной платформы 3DEXPERIENCE»
Громов А.А. («МИСиС») — «3D-печать металлами: возможности и трудности»

- 14:45–14:55 Рекламная пауза.

- 14:55–15:10 Перерыв.

15:10–18:00

Вахромов Р.О. (ИЛИМТ – «РУСАЛ») — «Иновационные алюминиевые решения для аддитивного производства»
Иванов И.А. (ИМИМ АО «НПО «ЦНИИТМАШ») — тема уточняется
Земляков Е.В. ИЛИСТ СПбГМТУ — «Изготовление высокоточных крупногабаритных металлических заготовок методом прямого лазерного выращивания»
Петров П.А. («Московский Политех») — «Пластик и металл при изготовлении инструмента»
Ермолин И.Ю. («ФИТНИК») — «Международный опыт внедрения аддитивного производства в различных отраслях промышленности»
Ритецкий А.В. (Институт «Общественная инженерная подготовка» «МАИ») — «Вопросы моделирования и визуализации процессов аддитивного производства»
Жуков Д.В. (Siemens) — «Оптимизация функциональных характеристик — ключ к успеху внедрения 3D-печати»
Нагулин К.Ю. (КНИТУ-КАИ) — «Плазменный синтез и модификация порошковых материалов для аддитивного производства»
Шишов А.Ю. (МГТУ им. Н.Э. Баумана) — «Возможности МГТУ им. Н.Э. Баумана в реверс-инжиниринге»
Копылов Е. (i3D – НПО «3D-Интеграция») — тема уточняется
Лежнев К.С. (Top 3D Shop) — «Опыт перепроектирования и печати деталей с применением генеративного дизайна на SLM установках Farsoon»

Цифровая литейка

- 11:00–11:15 Приветственное слово.
Родин Михаил, владелец i3D – НПО «3D-Интеграция»

- 11:15–12:15 **Панельная дискуссия: 3D-революция в литейной отрасли.
Как изменится рынок литья в самое ближайшее время**

Спикеры:

Dike Zhang (FHZL), *Неткачев А.Г.* («ЗМ Инжиниринг»), *Ембулаев А.* (i3D – НПО «3D-Интеграция»),
Колганов К. (ЦЦТ)

- 12:15–15:15 **Доклады по секции: Цифровая литейка**

Спикеры:

Белов В.Д. («МИСиС») — «3D-технологии на службе литейного производства»

Ембулаев А. (i3D – НПО «3D-Интеграция») – «Песчаная 3D-печать и цифровое литье»
Dike Zhang (FHZL) – тема уточняется
Фонякин Д.И. (Globe Metal) – «Переработка отходов 3D-печати»
Банников А. (Лаборатория 3D-услуг 3D-FAB) – «Печать песчаных форм для литья»
Лихтнер А. (i3D – НПО «3D-Интеграция») – «Применение 3D-печати керамических форм для точного литья»
Неткачев А.Г. («ЗМ Инжиниринг») – «Аддитивные технологии в литейном производстве»
Лобач А.Ю. («ОНСИНТ») – тема уточняется
Абдуллин А.Д. («ПЛИМ Урал») – «ProCAST – система моделирования литейных процессов как инструмент повышения эффективности производства»
Чижев О.В. (Siemens) – «Как NX ускоряет процесс проектирования песчаных форм»
Микрюков И.В. (ЦЦТ) – тема уточняется

15:15–15:20 Рекламная пауза.

15:20–15:35 Перерыв.

Технологии 3D-печати полимерами

15:35–16:35 **Панельная дискуссия: шнековая печать — мифы и реальность**

Спикеры:

Матвеев Е.В. (F2 innovations), Молчанов Е.В. (RENA SOLUTIONS), Ерасов Д. (Студия 3D-печати «De Varp»), Зрайченко М. (CMS SPA), Клименко Ф.Н. (99 ресайкл)

16:35–18:00 **Доклады по секции: Технологии 3D-печати полимерами**

Спикеры:

Треногин Д. (i3D – НПО «3D-Интеграция») – «Печать функциональных деталей полимерами»
Лобач А.Ю. («ОНСИНТ») – тема уточняется
Клименко Ф.Н. (99 ресайкл) – «Термопласты для FGF-печати: старые материалы с новыми свойствами»
Захватов К.А. (iGo3D Russia) – «Оптимизация бизнес-стратегий при помощи SLA 3D-печати. Кейсы применения»
Матвеев Е.В. (F2 innovations) – тема уточняется
Дубинин А.В. (TotalZ) – тема уточняется
Авдеев А.Р. («Стереотек») – «Снижение затрат на ЗИП и страховка от остановки промышленного оборудования с помощью технологии 5Dtech»
Благинин С. (3D LIFE) – тема уточняется

21.10 | День моделирования, топологической оптимизации и Ассоциации АРКАТА | павильон 1

Моделирование и топологическая оптимизация

11:00–11:15 Приветственное слово.
Родин Михаил, владелец i3D – НПО «3D-Интеграция»

11:15–12:15 **Панельная дискуссия: почему топологическая оптимизация становится необходимой частью процесса моделирования**

Спикеры:

Нуштаев Д.В. («Северсталь»), Артюшков М.Ю. (ИННФОКУ), Рыжов С.А. («ТЕСИС»), Чижев О.В. (Siemens)

12:15–12:45 **Доклады по секции: Моделирование и топологическая оптимизация**

Спикеры:

Алексашкин А. (ALTAIR) – тема уточняется
Розинский С.М. (ООО Научно-технический центр «АПИМ») – «Российское решение для топологической оптимизации конструкций в продуктах НТЦ «АПИМ» и АСКОН»

12:45–13:00 Рекламная пауза.

13:00–13:15 Перерыв.

13:15–15:15 **Ассоциация АРКАТА**

Спикеры:

Тельнов О.В. (Ассоциация АРКАТА) – «Ассоциация Арката: предложение бизнесу»
Трубашевский Д.С. (ООО «Современное оборудование») – «Как приручить дракона АТ»
Шанин Г.И. (Linconic) – «Платформа для выстраивания бизнес коммуникаций и развития рынков – Linkonic»
Скворцов В.А. (ООО «Проект И5» (I5.Solutions)) – «Использование облачных цифровых платформ в аддитивном производстве»
Власов Д.Ю. (ООО «Эксклюзивные Решения») – «Золотые продукты для золотых продуктов»
Ульянко С.С. (ООО «Русский инженер») – «Русский инженер: от идеи до продукта»
Чернышихин С.В. («Сколтех», НИТУ «МИСиС») – «Производство изделий методом селективного лазерного плавления из никелида титана для медицинских приложений»
Перес А. (CyberFiber) – «Современные инженерные материалы для крупноформатной и ответственной печати»

«ТехноКлуб 3D»: развитие аддитивных технологий для промышленности

SIU System

В рамках мероприятий, запланированных в Год науки и технологий, на базе особой экономической зоны «Технополис Москва» прошло заседание «ТехноКлуба», посвященное популяризации аддитивных технологий. Такой формат обсуждения наиболее актуальных вопросов уже стал привычным для специалистов, заинтересованных в научном прорыве.

В роли соорганизатора площадки выступила компания SIU System, чей Центр инноваций «Аддитивный инжиниринг» является резидентом ОЭЗ «Технополис Москва». Инициатором, организатором и модератором встречи стала Мария Борисова, исполнительный директор компании АО «НПО СИСТЕМ» (SIU System).



Цель мероприятия заключалась в том, чтобы разъяснить представителям российских предприятий, в чем заключается польза аддитивных технологий, как сделать их внедрение максимально эффективным, как экономить ресурсы, используя 3D-инновации.

Направления применения 3D-технологий

2021 год объявлен Годом науки и технологий. Каждый месяц посвящен определенной теме. Сентябрь — качеству жизни. Аддитивные технологии дают шанс улучшить качество жизни, они позволяют быстро реализовать самую невероятную идею. Оборудование помогает вырастить объект с нужными характеристиками, соответствующими ТЗ, которое устанавливает

предпочтительную технологию, сырье и аппаратуру для реализации. 3D-принтеры — хорошие помощники в любом деле, но важно уметь на них работать.

Внедрение методик трехмерной печати — тема межотраслевая, поэтому спикеры «ТехноКлуба» говорили на максимально понятном языке. Все представленные кейсы нацелены на промышленный сектор. Встреча велась в режиме обсуждения с уточнением конкретных моментов и развернутыми ответами на вопросы.

На первой встрече «ТехноКлуба 3D» обсуждались следующие темы: как применяются аддитивные технологии в промышленной сфере; как АТ используются при разработке компонентов для электронной техники; кейсы применения АТ в АО «ЦАТ»; настоящее и будущее отрасли — опыт внедрения; меры поддержки промышленности Москвы.

Проекты Госкорпорации «Ростех»

На заседании «ТехноКлуба» выступили представители региональных научно-технических центров, столичной медицинской лаборатории, группы компаний «Ростех», Департамента инвестиционной политики Москвы.

Особый интерес вызвал доклад о направлениях деятельности ГК «Ростех». Михаил Жеребцов, руководитель группы серийного производства, представил кейсы, касающиеся деятельности Центра аддитивных технологий (ЦАТ) госкорпорации. Компания работает в сфере 3D-индустрии уже давно, и в настоящий момент значительная часть ее проектов находится в области авиационной промышленности. На заседании «ТехноКлуба» были представлены следующие наиболее наглядные кейсы ЦАТ.

Перспективный турбореактивный двигатель повышенной тяги для широкофюзеляжных самолетов

Перед производством была поставлена задача изготовить опытную партию заготовок рабочих и сопловых лопаток в сжатые сроки с постоянным контролем

качества. Модели лопаток имели сложную геометрию и внутренние полости, поэтому был необходим целый комплекс испытаний полученных изделий. Для изготовления подобных опытных заготовок традиционным способом требуется проведение полного объема работ по подготовке производства, что обычно занимает 4–6 месяцев. С использованием аддитивных технологий партия из 62 заготовок рабочих лопаток была произведена за 24 дня, на изготовление одной заготовки уходило 3 часа. Серия из 38 сопловых лопаток выпущена за 18 дней. В настоящее время заказчиком проводится комплекс работ по финишной механической обработке и полному циклу стендовых испытаний. Таким образом, 3D-печать обеспечивает кратчайший путь от идеи до результата, и конструкторы получили возможность быстро внедрить и отработать свои задумки.

Перспективный вертолет гражданского назначения

Цель проекта: производство установочной партии крупногабаритных заготовок воздухозаборников для системы воздухообмена салона с дальнейшей обработкой в двухнедельный срок.

Стояла задача быстро изготовить воздухозаборники для фюзеляжа из алюминиевого сплава. Кейс интересен тем, что такой крупный элемент не помещается в рабочие камеры имеющегося оборудования. Была оперативно разработана технология печати из 2 частей с последующей сваркой. Дополнительная сложность заключалась в том, что алюминиевая деталь имеет тонкие стенки до 1 мм толщиной. В конечном итоге все удалось, и изделия были переданы заказчику в установленный срок. При традиционном изготовлении из листового материала потребовались бы значительные трудозатраты на подготовку сварочной оснастки и большое количество технологических переходов, что в свою очередь послужило бы значительному увеличению сроков изготовления и снижению точности.

Производство коллектора для перспективного турбореактивного двигателя гражданской авиации

Задача — произвести геометрическую оптимизацию масляно-воздушного коллектора с целью улучшения качества заготовки и минимизировать последующую механическую обработку изделия.

Интересная особенность проекта — заказанную деталь невозможно изготовить традиционным способом, она изначально была разработана под аддитивное производство. Такую сложную геометрию и внутренние каналы литьем получить нереально. К тому же размер заготовки составляет 350 мм в диаметре, поэтому понадобилась крупногабаритная печать. Деталь в настоящее



время проходит стендовые испытания. После внедрения аддитивного производства срок проектирования и изготовления заготовки детали был сокращен с 6 до 1,5 месяцев. Качество превзошло литейные образцы-аналоги.

Перспективный двигатель для вертолетной техники

Из-за санкций в России сейчас наблюдаются сложности с поставками высокотехнологичной продукции. Данный проект задуман в рамках проведения политики импортозамещения. Целью было производство заготовок деталей двигателя демонстратора с габаритами до 450×450×320 мм. Для изготовления выбраны отечественные материалы МПК Х15Н5Д4Б и RS-300. С применением трехмерной печати срок подготовки производства и фактического изготовления заготовок сокращен от 3 до 6 раз, уменьшен объем механической обработки; при этом по физико-механическим свойствам полученные детали не уступают литейным.

Корпус носимой электроники — проект для гражданской промышленности

Задачи, поставленные перед Центром аддитивных технологий, — серийное производство корпусов из алю-



миниевого сплава для носимой электроники, спроектированных под изготовление с применением аддитивных технологий.

ЦАТ выпустил серию заготовок из 15 корпусов за 12 дней. Сроки изготовления были значительно снижены по сравнению с традиционными методами производства, а также значительно повышен КИМ (коэффициент использования материала) за счет значительного снижения механической обработки. Отмечен 100% выход годных изделий, полное отсутствие дефектов производства.

Насос гидравлической системы — еще один кейс гражданского предназначения

Заказ поступил от конструкторского бюро. Необходимо было для отработки и испытания конструкторских решений в кратчайший срок изготовить заготовку опытной детали гидравлической системы с применением 3D-печати из алюминиевого сплава и выполнить механическую обработку с контролем геометрии методом 3D-сканирования.

Изготовление подобных деталей достаточно хорошо отработано и с применением традиционных методов производства, но в таком случае требуется много времени на проектирование формы, отработку технологии литья, что усложняет процесс разработки изделия. С использованием трехмерной печати срок изготовления заготовки такой детали составил 16 часов, а качество напечатанного изделия превосходило по физико-механическим характеристикам аналог, полученный методом литья.

Перспективы развития аддитивных технологий



Помимо описанных проектов ЦАТ имеет интересные примеры использования аддитивного производства в автомобильной и потребительской отраслях, космическом секторе.

Отвечая на вопрос о сложности постобработки деталей, изготовленных с помощью АП (аддитивного производства), представитель АО «ЦАТ» отметил следующее.

Сразу после процесса печати изделие является заготовкой, т.е. требует последующей обработки. Неотъемлемой частью технологического процесса является термообработка заготовки для снятия внутренних напряжений и последующее отделение от платформы построения и удаление поддерживающих структур. Далее все зависит от сложности требований конструкторской документации заказчика, однако по-

следующие этапы обработки ничем не отличаются от традиционных методов металлообработки.

Аудиторию также заинтересовала возможность переработки порошковых отходов и поддерживающих структур, образующихся при изготовлении деталей аддитивным способом. Специалист ЦАТ заверил, что различные отходы, которые образуются при осуществлении 3D-печати, перерабатываются для изготовления новых порошков.

Еще один вопрос затронул тему подготовки специалистов. Насколько на современном производстве, которое использует аддитивные технологии, квалификация инженера-технолога должна отличаться от квалификации инженера «старой школы», и должна ли она отличаться? Конечно, подготовка кадров для аддитивного производства немного иная, поскольку у АТ есть свои нюансы. Много внимания уделяется принципам размещения детали на платформе построения, определения, в каких местах нужны поддерживающие структуры, и другим моментам, от которых зависит геометрия и свойства элемента. Таких проблем нет в традиционном производстве. Однако напечатанные изделия — это полноценные заготовки, поэтому изготавливающий их специалист должен обладать базовыми знаниями в технологиях традиционного производства, методах постобработки, материаловедении и методах контроля деталей в металлопроизводстве.

Выводы

Представленные кейсы — наглядный пример внедрения 3D-печати, когда компания понимает, что для постоянного развития нужно пробовать, тестировать, запускать. Технологию нельзя попробовать «у кого-то», можно лишь заказать партию готового продукта. Тестировать разработки и совершенствовать производственную линию нужно самостоятельно, поскольку каждое предприятие использует свои материалы, имеет определенные особенности. Всегда надо идти от задачи.

Участники «ТехноКлуба» рекомендуют следующий алгоритм внедрения аддитивных технологий:

1. Изучить имеющиеся производственные процессы.
2. Уточнить, что компания хочет получить от модернизации.
3. Подготовить максимально детализированное ТЗ.
4. Определить ресурсы, необходимые для воплощения проекта.
5. Обратиться в организацию, имеющую опыт внедрения аддитивного производства в промышленности, собственную производственную площадку, для отладки процессов и отработанную систему поддержки клиентов.

Следующая встреча «ТехноКлуба 3D» из цикла мероприятий по наиболее актуальным проблемам аддитивного производства планируется в ноябре. ■

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

В рамках деловой программы авиасалона «МАКС-2021» прошла III Международная конференция «Аддитивные технологии для аэрокосмоса 2021» и Школа молодых ученых, организатором которых выступил НИТУ «МИСиС».



Критические значения механической нагрузки и температуры для конструкции и материала, детали сложной геометрии в составе изделий, растущая конкуренция в авиакосмической отрасли — это те факторы, которые обусловили огромный потенциал применения аддитивных технологий в авиа- и ракетостроении. Так, внедрение аддитивных технологий (АТ) в производственный процесс позволяет снизить стоимость производства элементов ракетно-космического комплекса, сократить количество операций сборки и циклов испытаний, снизить вес элементов конструкций и увеличить срок эксплуатации космических аппаратов. В настоящее время аддитивные технологии стали применяться в ракетном двигателестроении. Стоимость двигательной установки космического аппарата от 40 до 60% стоимости ракетоносителя, и использование аддитивных технологий позволяет, по оценкам специалистов, снизить стоимость ее производства примерно на 30%.

По словам Дениса Пудкова, заместителя директора департамента реализации программы создания космического ракетного комплекса сверхтяжелого класса ГК «Роскосмос», наибольший интерес для корпорации представляют: сплавы и полимерные материалы с пониженным коэффициентом температурного расширения, методики и оборудование для контроля качества, технологии постобработки, технологии дотраивания отдельных элементов на готовых деталях и сборочных единицах (ДСЕ), АТ для производства крупногабаритных деталей (до 6 м) из металлических и неметалличе-

ских материалов, АТ для производства металлических и керамических деталей со сверхвысокой точностью, АТ для формирования биметаллических сложнопрофильных элементов, АТ для реализации концепции Made in space. Что касается уникального направления Made in space, то 3D-технологии в условиях космического пространства позволят: разработать высокоэффективную серийную технологию изготовления ДСЕ, снять большинство существующих технологических ограничений и изготавливать в короткий срок конструкции любой сложности в условиях невесомости, снять избыточные технические требования к космическим аппаратам, связанные с защитой от перегрузок при доставке грузов на геостационарную орбиту, существенно экономить конструкционные материалы, повысить эффективность ракет-носителей.

К задачам, которые необходимо решить для реализации АТ на орбите, относятся: формирование требований к печати на орбите, доработка существующих технологий печати, проектирование производственного отсека орбитальной станции. Если говорить о Луне, то актуальны: выбор технологии печати из реголита, выбор принципа работы принтера, организация процесса добычи, обработки и доставки строительного материала.

При этом, по замечанию Дениса Пудкова, дальнейшее развитие аддитивного производства в аэрокосмической отрасли осложняется отсутствием полноценной базы данных, которая включала бы в себя каталог существующих материалов и технологий, сведения о результатах их испытаний в различных условиях и эксплуатационных качествах. Участие в создании такой «библиотеки» могли бы принять и ведущие университеты страны.

Конференция собрала более 100 ведущих специалистов в области аддитивных технологий из российских и зарубежных вузов, компаний и бизнес-сообществ. В ней приняли участие представители НИТУ «МИСиС», АО «ЦАТ», ГК «Роскосмос», СПбГМТУ, ПАО «ОДК-Сатурн», АО «Центр аддитивных технологий», УК «Русал», «Института физики твердого тела РАН», МГТУ «Станкин», Addsol, МАИ, Dassault Systems, Института физики прочности и материаловедения СО РАН (г. Томск), ООО «Фитник», Университета «Сколтех», компании Z-axis, Белгородского государственного национального университета, Московского государственного строительного университета, Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича

ча Столетовых. Зарубежные докладчики представляли вузы и центры развития: Innovation Center for Additive Manufacturing Switzerland, Swiss Federal Institute of Technology in Zürich (ETH Zürich, Швейцария), Технический университет (Горная академия) Фрайберга (Германия), Leibniz Institute for Materials Engineering (Германия). Было сделано более 30 докладов, в которых шла речь о собственных работах и разработках целых коллективов.

Демонстрация возможностей и заинтересованный диалог между специалистами зачастую становятся основой для совместных проектов. Так, по итогам мероприятия был достигнут ряд договоренностей с ведущими промышленными компаниями, включая соглашение о совместной работе НИТУ «МИСиС» с АО «Казанский вертолетный завод» по внедрению литейных технологий магниевых сплавов. С компанией Dassault Systems достигнуто соглашение по комплексному взаимодействию в области внедрения программного обеспечения в подготовке магистрантов. Также было подписано соглашение о сотрудничестве с российским представительством ESI Group по проекту создания на

базе НИТУ «МИСиС» цифрового симулятора работы 3D-принтера.

Программа НИТУ «МИСиС» на авиасалоне помимо проведения конференции включала в себя также выставочную экспозицию и шесть круглых столов по актуальным для развития аэрокосмической отрасли вопросам, организованных совместно с промышленными партнерами. Среди инноваций, с которыми можно было ознакомиться на стенде НИТУ «МИСиС», был представлен уникальный материал, способный выдерживать температуры свыше 2000°C. Другие уникальные разработки для летательных аппаратов нового поколения позволяют управлять электромагнитным излучением, повысить коррозионную устойчивость материалов, существенно уменьшить вес готовых деталей и даже снизить объем вредных выбросов в атмосферу. Всего университет в этом году представил 19 перспективных технологий, разработанных совместно с промышленными партнерами. ■

Видеозапись:

www.youtube.com/watch?v=puPkYeGmtNM&t=2092s

www.youtube.com/watch?v=3WZSRZ6vyVU&t=6s

<https://misis.ru/>



IV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА
И СМЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



IV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА И СМЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Время проведения: 16–19 ноября 2021 г.

Место проведения: Москва, ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»

Цель конференции: представление и обсуждение новейших научных и технических достижений в области технологии и оборудования электронно-лучевой обработки, диагностики и контроля сварных соединений.

Основные разделы программы проведения конференции:

- Физические процессы при обработке концентрированными потоками энергии
- Технологии электронно-лучевой сварки и термообработки
- Аддитивные технологии
- Оборудование для электронно-лучевой обработки
- Сварочное материаловедение, прочность, контроль и диагностика сварных соединений

Условия участия:

1. **Участие с докладом/без доклада** (крайние сроки для отправления)

Заявка для участия до 15 октября 2021 г.

2. **Участие в конференции** — **бесплатное**, регистрационный взнос не предусмотрен.

3. Русскоязычные доклады конференции, успешно прошедшие рецензирование, будут опубликованы **в журнале «Сварочное производство»** и размещены в Научной электронной библиотеке (НЭБ) — elibrary.ru, интегрированной с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ).

4. При желании авторов на платной основе (10 000 руб. за одну статью) материал доклада может быть опубликован в журнале, индексируемом в базе Scopus — **ИОР Journal of Physics: Conference Series**. Для этого название статьи на английском языке необходимо указать в регистрационной форме на сайте <http://ebw.mpei.ru> и отправить полный текст статьи на английском языке в электронном виде (e-mail: ebw2021@mail.ru).

4. **Официальный язык конференции:** русский и английский.

Контакты: тел. +7 (495) 362–70–48 / +7903–717–90–25, e-mail: ebw2021@mail.ru, сайт: <http://ebw.mpei.ru>



Новости медицины и биопечати

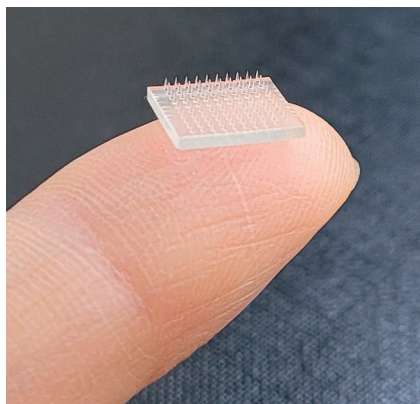
Обзор подготовила Татьяна Карпова

Успешное применение аддитивных технологий в медицине не может не удивлять и не радовать, поскольку обеспечивает новые уникальные возможности для излечения и улучшения качества жизни людей. Представленные новости касаются создания медицинских инструментов, имплантов, моделей для подготовки хирургических операций, а также биопечати тканей с целью разработки новых лекарств и выработки методологии персонального подхода к лечению пациентов.

Пластырь для вакцинации

В США учёные из Стэнфордского университета и Университета Северной Каролины в Чапел-Хилле напечатали на 3D-принтере специальный пластырь для вакцинации.

Фото: *The University of North Carolina at Chapel Hill*



Пластырь состоит из микроигл на полимерной подложке. Он прост в изготовлении, а также позволяет формировать более эффективный иммунный ответ — в 10 раз сильнее, чем при внутримышечной инъекции, — и экономить дозу вводимого вещества. Учёные смогут подбирать иглы для разных вакцин и уже планируют разработку пластырей для препаратов Pfizer и Moderna от ковида.

<https://life.ru>

Сверхреалистичная модель глаза

Австрийская служба 3D-печати Addion GmbH, специализиру-

ющаяся на производстве медицинских устройств, напечатанных на 3D-принтере, использует технологию Stratasys PolyJet для создания сверхреалистичных хирургических моделей глаза, чтобы лучше подготовиться к сложным операциям. Процесс аддитивного производства из нескольких материалов и цветов позволяет достичь беспрецедентного уровня реализма, что является значительным преимуществом использования 3D-печати. Так, применяя материалы TissueMatrix™ и GelMatrix™, компания может имитировать мягкий водянистый вид глаза.

Фото: *Addion / Stratasys*



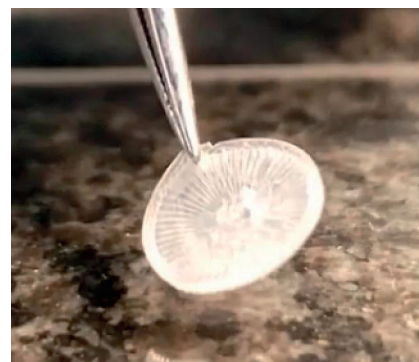
Александр Хеченбергер, генеральный директор Addion, объясняет: «Слой кожи на модели составляет одну десятую миллиметра и снимается очень маленькими тонкими инструментами, имплантируется, а затем снова прикрепляется. Такой уровень детализации ранее был невысшим».

www.3dnatives.com

Возвращает слух на 100%

Команда научных работников из Гарвардского университета (США) рассказала о своей новой разработке, прорыве в технологии восстановления слуха — ушной барабанной перепонке PhonoGraft, распечатанной на 3D-принтере. Как сообщается в отчете исследовательского института Wyss, устройство создано из полимера, который имеет свойство биоразложения. Разработка напоминает колесо велосипеда или паутинку, так как имеет специальный узор, позволяющий ей вибрировать, отвечая на звуковые волны. Устройство было протестировано на шиншиллах, обладающих аналогичным с человеческим строением уха. Через 3 месяца после установки искусственной перегородки животное снова смогло слышать, при этом собственные клетки начали регенерироваться, и на месте импланта выросла на-

Фото: *Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering*



стоящая барабанная перепонка. На данный момент разработчики готовят PhonoGraft для коммерческой реализации.

<https://tabulo.ru>

Информативная модель

Ученые из Тель-Авивского университета напечатали на 3D-принтере глиобластому в среде, похожей на мозг. Модель даже имеет сосуды, которые снабжают её кровью. Исследователи заявили, что это наиболее полная репликация опухоли и окружающей её ткани, которая значительно продвинет вперед лечение этого смертельно опасного рака.



Печать осуществлялась с помощью биочернил из гидрогеля на основе фибриногена и желатина. В него были добавлены клетки глиобластомы, астроциты и клетки микроглии, собранные во время операции у пациентов. Ученые не стали печатать опухоль в ее реальном виде и размере. Модели опухоли были крошечными, меньше ладони. Таких миниатюрных моделей потребуется много. «Процесс биопечати опухоли конкретного пациента заключается в том, что мы идем в операционную, извлекаем ткань из опухоли и распечатываем ее в соответствии с данными МРТ этого пациента, — говорит Сатчи-Файнаро. — Затем у нас есть около двух недель, в течение которых мы можем протестировать различные методы лечения, чтобы оценить их эффективность для этой конкретной опухоли и получить ответ, какое лечение, по прогнозам, будет наиболее подходящим».

www.vesti.ru

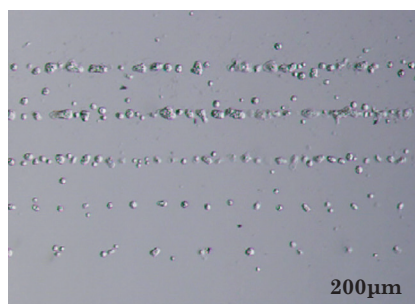
Напечатали живые клетки мозга

Ученые из Университета Монтреала опубликовали исследование, в котором подробно описывается способность биопечати взрослых клеток мозга. Ключом к исследованию стала новая технология с использованием лазера, которая позволила обеспечить высокий уровень жизнеспособности и функциональности клеток. Команда называет процесс «лазерно-индуцированным боковым переносом». Этот процесс имеет преимущества по сравнению с некоторыми другими методами биопечати за счет возможности печати материалами разной вязкости.

Чтобы продемонстрировать потенциал этой техники в неврологии, исследователи напечатали на 3D-принтере сенсорные нейроны, являющиеся ключом к периферической нервной системе. Проведя анализ жизнеспособности, команда определила, что 86% клеток оставались жизнеспособными через два дня после печати. Эти результаты были дополнительно улучшены при понижении энергии лазеров, поскольку более высокие уровни мощности повреждали клетки. Другие тесты тоже были обнадеживающими. Они включали визуализацию кальция, секвенирование РНК, высвобождение нейропептидов и измерение способности формировать новые проекции в ответ на сигналы окружающей среды (рост нейритов).

Стоит отметить, что это не первый метод биопечати, в котором

Разрешение печати клеток в зависимости от скорости лазерного сканирования



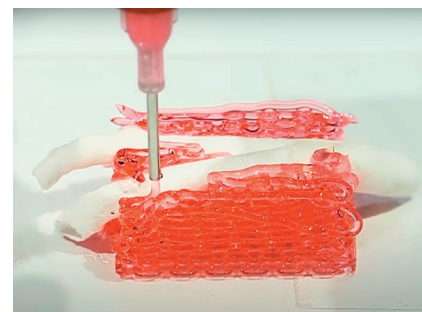
используются лазеры, и не первые 3D-напечатанные взрослые мозговые клетки.

Исследование предлагает ряд возможных применений, таких как тестирование на наркотики, моделирование болезней и имплантаты для 3D-печати. В ближайшее время команда рассматривает возможность использования этой технологии для разработки новых лекарств.

<https://3dprint.com/>

Успех в печати кровеносных сосудов

Группа ученых из Израильского технологического института (Технион) напечатали на 3D-принтере лоскут ткани с сетью кровеносных сосудов, которая, как сообщается, впервые содержит функциональную комбинацию больших и малых кровеносных сосудов, способных снабжать кровью имплантированную ткань. Чтобы проверить их функциональные возможности, команда Техниона успешно трансплантировала структуру ткани крысе, прикрепив ее к бедренной артерии животного. В дальнейшем с целью проверки масштабируемости подхода кровеносные сосуды будут имплантированы более крупным животным.



Разработка потенциально может удалить промежуточный этап первой трансплантации ткани в здоровую конечность пациента, чтобы она могла проникнуть в кровеносные сосуды тела, прежде чем трансплантировать ее в пораженный участок, позволяет более индивидуально настраивать пациентов и снизить риск отторжения имплантата.

<https://3dprintingindustry.com>

Зачем МОДЕЛИРОВАТЬ МИКРОСТРУКТУРУ МАТЕРИАЛА при 3D-печати



Денис Кондратьев, руководитель направления «Аддитивное производство», «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»



Для чего это нужно?

Ни для кого не секрет, что 3D-печать металлом является одной из наиболее перспективных областей для получения изделий без последующей доработки. Преимуществом аддитивного производства является большая гибкость при создании

сложной геометрии с минимальным сроком проектирования и коэффициентом использования материала. Однако основной проблемой при использовании деталей, созданных с помощью 3D-печати, является их последующая квалификация и сертификация. Для корректного определения типа детали она должна быть напечатана без проблем и ошибок, а также обладать механическими свойствами, которые будут соответствовать требованиям эксплуатации. Механические свойства любой напечатанной детали основаны на характеристиках затвердевшей микроструктуры материала, а именно — на размере и типе зерна, его текстуре и присутствующих фазах. В свою очередь, изменчивость микроструктуры из-за различных условий технологического процесса порождает неоднородные изменения механических свойств детали. И это создает ограничения на предсказуемость свойств.

Идентификация упомянутых изменений и их корреляция с механическими свойствами через эксперимент является длительным процессом, требующим достаточной базы экспериментов. Это не только увеличивает время производственного цикла, но и требует огромных ресурсов, а также финансов. С помощью инструментов

прогнозирования и моделирования эти изменения можно предсказать, а полученные результаты использовать для оценки механических свойств детали перед печатью. Это упростит процесс принятия решений, поскольку могут быть выбраны подходящие параметры технологического процесса.

В основе изменений микроструктуры лежит размер зерен. На него влияет тепловой градиент и скорость затвердевания, которые образуют разную текстуру при различных схемах сканирования и образования вредных фаз во время охлаждения. Примером, показывающим это, может быть зависимость мощности лазера от скорости сканирования (рис. 1). Понимание того, как эти паттерны влияют на свойства конечного материала, обеспечит путь для управления этими свойствами и более успешного внедрения этих методов в промышленность.

Компания Ansys для решения данной задачи применяет двухмерные модели микроструктуры на основе метода клеточного автомата, так как он наиболее подходит по соотношению скорости и качества расчета. Конечно, разные методы печати оказывают свое влияние на эволюцию зерна при многослойной печати с использованием различных шаблонов сканирования и методов. Были проверены такие методы, как направленное энергетическое осаждение (DED), лазерное спекание металлов, селективное лазерное плавление (MLS/SLM) и электронно-лучевое плавление (EBM). Полученные результаты показали сильную корреляцию паттернов сканирования лазера с меняющейся ориентацией зерен.

Описание модели

Приведем метод двумерного клеточного автомата, который был разработан для моделирования морфологии зерен для многослойной печати и используется

в решениях Ansys для предсказания затвердевания. Модель включает в себя фундаментальные основы затвердевания и учитывает рост зерна. Демонстрируется влияние шаблонов сканирования, температурных градиентов и скорости охлаждения на полученную микроструктуру. Для экономии вычислительного времени не учитывается внутрисистемное охлаждение. Таким образом, моделирование позволяет оценить размер и тип зерна, а также предоставляет информацию о текстуре. Результаты морфологии зерна продемонстрированы для различных схем сканирования, используемых в 3D-принтерах.

Сам метод клеточного автомата — это алгоритм, описывающий пространственно-временную эволюцию физической системы с помощью детерминированного или вероятностного преобразования. В этом методе область пространства делится на конечное количество ячеек, а их состояние определяется из правил преобразования и влияния соседней ячейки на исходную.

В данной модели каждой ячейке присвоены четыре переменные:

- (а) — переменная состояния определяет состояние ячейки, т.е. твердое тело, жидкость и границу раздела;
- (б) — переменная ориентация представляет собой предпочтительную ориентацию роста зерна;
- (с) — переменная количества зерен для того, чтобы отличить зерна друг от друга;

(d) — переменная твердой фракции, используется для отслеживания превращения жидкой ячейки в твердую. В этой модели выбирается восемь ближайших соседей. Ячейки интерфейса определяются, если одна из 8 соседних ячеек является заполненной ячейкой.

Вначале новые ядра заселяются в интерфейсные ячейки в соответствии с законом нуклеации:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -2\mu_N (\Delta T) \frac{\partial T}{\partial t} (1 - f_s) \quad (1)$$

Здесь N — число ядер; ΔT — тепловой градиент/общий объем охлаждения; $\partial T/\partial t$ — скорость охлаждения; μ_N — параметр зародышеобразования; f_s — доля твердого вещества.

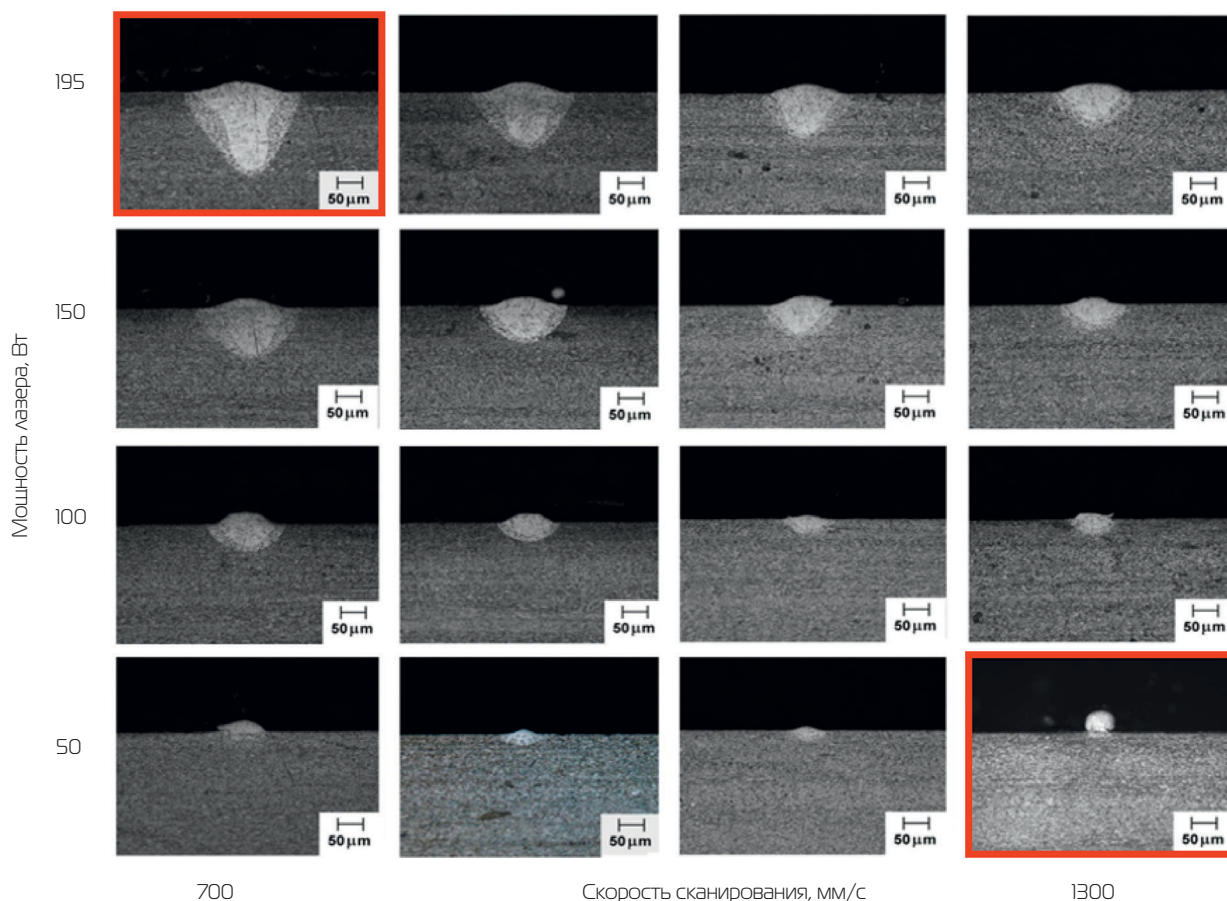
Интерфейс ячейки может представлять границу ванны расплава и границу зерен, затвердевших внутри ванны расплава. Модель зародышеобразования учитывает влияние как общего переохлаждения, так и скорость охлаждения.

Вероятность зарождения клеток, расположенных на границе раздела, рассчитывается по формуле (2) для каждого временного шага:

$$dP = \frac{\partial N}{N^I} \quad (2)$$

Здесь N^I — общее количество ячеек, расположен-

Рис. 1. Параметрический анализ наплавки. Результат эксперимента



ных на границе раздела фаз (ванна расплава и граница зерен).

Как только вероятность превышает случайное число от 0 до 1, эта ячейка переходит из жидкого состояния в твердое. После зарождения нового твердого ядра назначается предпочтительное направление роста θ_0 на основе нормального угла между зародившимся ядром и движущимся источником тепла. Движущей силой роста является количество переохлаждения, присутствующего на границе твердого и жидкого состояния материала.

Скорость образования границы раздела фаз рассчитывается по формуле (3):

$$V_N = \mu_k (\Delta T) \quad (3)$$

Здесь μ_k — кинетический коэффициент границы раздела фаз; ΔT — полное переохлаждение, которое складывается из теплового переохлаждения и кривизны, вычисляемое по формуле (4):

$$\Delta T = [\Delta T_T - \Gamma K(t_n)] \quad (4)$$

Здесь ΔT_T — тепловое переохлаждение; Γ — коэффициент Гиббса – Томсона; $K(t_n)$ — средняя кривизна, рассчитываемая по уравнению (5):

$$\bar{K} = \frac{1}{l_c} \left(1 - 2 \frac{fs + \sum_{i=1}^N f_s(i)}{N+1} \right) \quad (5)$$

Здесь l_c — размер ячейки; N — общее количество соседних ячеек, включая первых и вторых ближайших соседей, разделяющих границу и угол данной ячейки. В данном случае N равно 8.

Для учета анизотропии скорость роста кристалла V_g в соответствии с предпочтительным ростом кристалла θ_0 рассчитывается с использованием уравнения (6):

$$V_g = V_N \{1 + \delta_k \cos[4(\theta - \theta_0)]\} \quad (6)$$

Здесь δ_k — степень кинетической анизотропии; θ — угол между горизонтальным направлением и нормалью к границе раздела фаз твердое тело/жидкость.

Угол θ получается из градиента твердой фракции на границе раздела фаз твердое тело — жидкость. Как только скорость границы раздела получена, скорость изменения выделяющейся твердой фракции в ячейке интерфейса вычисляется с использованием уравнения (7):

$$\Delta f_s = G \frac{V_g}{l_c \Delta t} \quad (7)$$

Здесь Δt — приращение по времени; G — геометрический фактор, относящийся к первому и второму ближайшим соседям. G , в свою очередь, рассчитывается по формуле (8):

$$G = 0,4 \left(\sum_{n=1}^4 b_n^I + \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{n=1}^4 b_n^{II} \right) \quad (8)$$

Здесь b^I и b^{II} представляют первого и второго ближайших соседей в квадратной сетке.

Геометрический фактор учитывает более высокую скорость затвердевания для первых ближайших соседей по сравнению со вторыми ближайшими соседями. Если доля твердого вещества ячейки становится равной 1, то статус ячейки изменяется на твердую ячейку. Моделирование продолжается до тех пор, пока все жидкие ячейки не станут твердыми.

Константы, используемые при моделировании, имеют следующие значения:

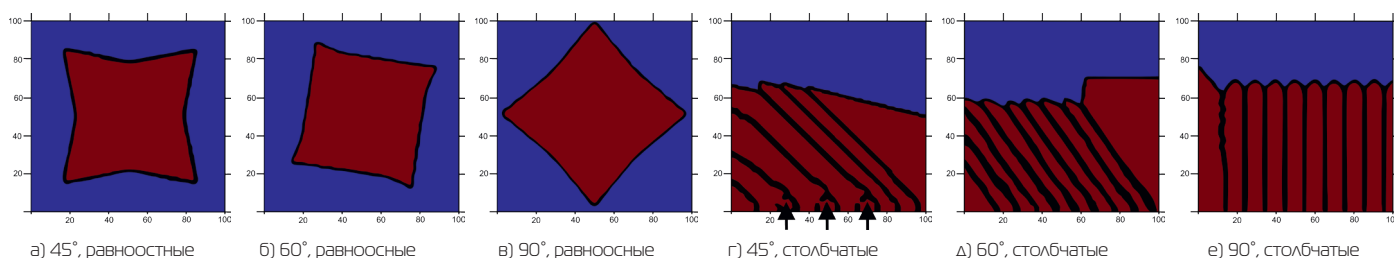
- размер решетки $l_c = 1$ мкм;
- кинематический коэффициент границы раздела $\mu_k = 2 \times 10^{-6}$;
- коэффициент Гиббса – Томсона $\Gamma = 1,7 \times 10^{-7}$;
- степень кинетической анизотропии $\delta_k = 0,7$;
- параметр зародышеобразования $\mu_N = 103$;

Допущения

Следует признать, что численное моделирование не учитывает некоторые детали. Специалист всегда держит это в уме. Так как чрезмерное погружение в детали приведет к значительному усложнению модели и возрастанию требований к расчетным нагрузкам, были приняты следующие допущения:

- Не учитывается структурное переохлаждение, а общее переохлаждение на границе раздела фаз состоит из термического переохлаждения и переохлаждения по графику.
- Задаются предварительно ширина и высота ванны расплава.
- Считается, что зарождение происходит только на границе ванны расплава, на границе растущих зерен и в жидкой области, вдали от растущих зерен и границы ванны расплава зародышеобразование не учитывается.
- Отверждение выполняется только на задней половине ванны расплава.
- Источник тепла рассматривается как точечный источник внутри каждой отдельной дорожки, и его движение фиксируется смещением точечного источника.
- Требуется постоянные температурные градиенты и скорость охлаждения.
- Для призматической части используются основные паттерны сканирования, такие как однонаправленные, зигзагообразные, зигзагообразный с поперечной штриховкой и внешнее контурное заполнение с зигзагообразной поперечной штриховкой.
- Попытки сопоставить размер зерна с каким-либо сплавом не проводились. Результаты совпадают с точки зрения общей морфологии зерна и развития текстуры.

Рис. 2. Рост равноосных (а–в) и столбчатых (г–е) зерен при различной ориентации роста зерен. Красный цвет — затвердевшее зерно, синий — жидкая фаза, черный — границы зерен



Полученные результаты

Изучался рост размера зерен вдоль предпочтительной ориентации зерен. Моделирование проводилось на различных ориентациях, таких как 45, 60 и 90 градусов. Были рассмотрены два типа роста зерен: равноосные и столбчатые. Моделирование выполнялось для 130 и 200 шагов клеточного автомата для равноосных и столбчатых зерен соответственно. Из рис. 2а видно, что зерна растут в соответствии с заданной ориентацией роста. Морфология в случае 45° и 90° практически идентична, однако асимметричная морфология может наблюдаться в случае 60°. Асимметричное поведение является обычным для методов клеточного автомата из-за анизотропии сетки.

Аналогично рост столбчатых зерен также следует за предпочтительной ориентацией роста, как показано на рисунках 2г–е. Красный, синий и черный цвета представляют собой твердое тело, жидкое состояние вещества и границы зерен соответственно. В случае предпочтительной ориентации 90° и 60° все зерна расположены на одинаковом расстоянии, кроме углового (больше

места для роста), однако для 45° они расположены неравномерно. В основном это связано с конкуренцией зерен между собой. На рис. 2д видно, что несколько зерен погасли на ранней стадии затвердевания (показано стрелками). В целом зерна следовали направлению своего роста в соответствии с заданной ориентацией.

Морфология зерна в зависимости от скорости источника тепла

Изменение морфологии зерен в зависимости от скорости движущегося источника тепла зафиксировано и показано на рис. 3. Изогнутые столбчатые зерна можно было наблюдать в плоскостях XY и YZ при более низких скоростях источника тепла по сравнению с почти вертикальными или наклонными столбчатыми зернами на более высоких скоростях. Эти типы морфологических различий зерна также наблюдаются в таких процессах, как 3D-печать с использованием лазера и сварка. Различия в морфологии зерен — прямое следствие теплового фронта и профиля ванны расплава при различных скоростях движущегося источника тепла. Во время сварки источник тепла обычно движется с меньшей скоростью, что дополнительно формирует профиль ванны расплава эллиптической формы, приводящий к образованию изогнутых столбчатых зерен. В процессах аддитивного производства лазер перемещается с высокой скоростью, образуя удлиненные профили ванны расплава, которые благоприятствуют прямому или наклонному столбчатому росту зерен. Более высокая скорость также может вызывать отсутствие плавления, но модель, представленная в этой статье, ограничивается

Рис. 3. Изменение морфологии зерна при движении источника тепла

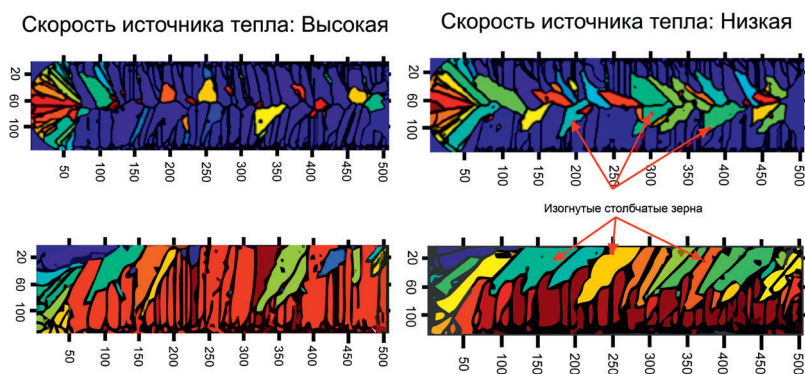


Рис. 4. Типы шаблонов сканирования: а) однонаправленный; б) зигзаг; в) зигзаг с поперечной штриховкой; г) наружная контурная заливка с зигзагообразной поперечной штриховкой

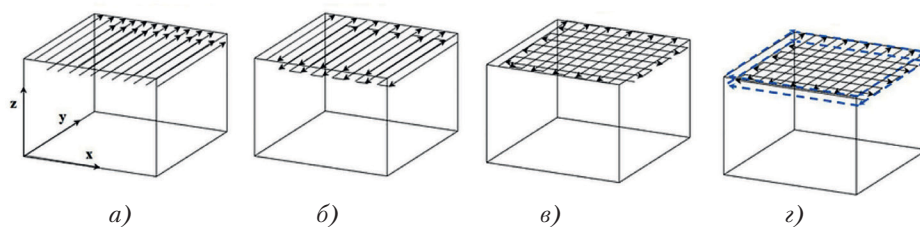
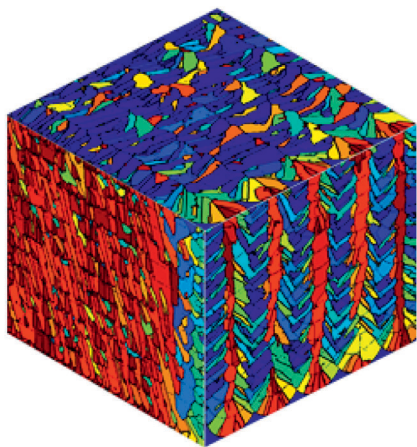


Рис. 5. Примеры эволюции зерен в SLM



моделированием морфологии зерна. При использовании этой модели разница может быть учтена путем изменения скорости источника тепла.

Влияние шаблона сканирования на развитие зерна

Как было сказано ранее, детали паттерна сканирования имеют большое влияние на окончательную микроструктуру.

Движение источника тепла по определенной схеме сканирования важно для понимания процесса эволюции зерна. Рис. 4 иллюстрирует схему часто встречаемых шаблонов сканирования, используемых в оборудовании для аддитивного производства. Помимо этого существуют и другие типы сканирования, такие как полосы и шахматные доски, ориентированные под разными углами.

Использовался постоянный температурный градиент и скорость охлаждения для моделирования эволюции зерен в SLM-процессе. Например, можно видеть график трехмерной ориентации зерна, реконструированный с использованием двумерной ориентации зерна для одного шаблона сканирования, представленный на рис. 5. Необходимо отметить, что в процессе моделирования наблюдались значительные различия в морфологии зерен по отношению к разным плоскостям и паттернам сканирования.

Работа выполнялась с использованием сплава Ti6Al4V и применением метода селективного лазерного спекания. Из рис. 6 видно, что существует сходство структуры зерен между полученными результатами моделирования и экспериментальными данными. Их результаты также показали зигзагообразный паттерн с зернами, ориентированными в одном направлении при двунаправленном сканировании, тогда как при однонаправленном сканировании зигзагообразный паттерн не очевиден. Различия можно оценить, рассматривая эффект переплавления ранее затвердевших слоев во время лазерной штриховки и его рост на соседних дорожках.

Рис. 6. Сравнение экспериментальных данных и моделирования



Выводы

Исследование проводилось в широком спектре микроструктур, и статья не позволяет подробно описать каждый из полученных результатов. Проверялись различные технологические процессы, такие как SLM, DED и EBM. Стоит отметить, что при сканировании однонаправленным паттерном изогнутые столбчатые зерна наблюдаются при более медленном движении. Этот результат объясняет, почему сварка и аддитивное производство производят различную морфологию зерна. За счет уменьшения скорости охлаждения и температурного градиента морфология изменилась с зигзагообразной на однонаправленно ориентированные зерна, даже с использованием шаблонов зигзагообразной развертки.

Используя эту модель, а также зная скорость охлаждения и температурные градиенты, можно предсказать эволюцию зерна в широком спектре вариантов технологических процессов (SLM, DED и EBM). Размеры зерен материала могут быть смоделированы благодаря вводу правильного параметра зародышеобразования для сплава. Модель выводит данные о размере зерна и ориентацию. Это очень полезно для прогнозирования окончательных механических свойств компонентов, изготовленных с помощью аддитивного производства.

Сходство между смоделированными данными и экспериментальными данными позволяет сделать вывод, что моделирование на основе клеточного автомата для предсказания ориентации и размера зерен в аддитивном производстве может быть использовано для прогнозирования свойств материала. ■

Литература

1. Javed Akram, Pradeep Chalavadi, Deepankar Pal, Brent Stucker. Understanding grain evolution in additive manufacturing through modeling. Additive Manufacturing 21. DOI: 10.1016/j.addma.2018.03.021.

Проект аддитивных технологий
в промышленности в рамках
выставки интерпластика



Powered by 3D Fab+Print

25 - 28 ЯНВ
2022
МОСКВА
РОССИЯ

РОССИЙСКАЯ DMD-УСТАНОВКА

для лазерной наплавки и прямого выращивания
из металлических порошков



Разработано и произведено
в России

МЛ7

- 5-координатная кинематическая система
- Линейные двигатели с ферромагнитными якорями собственной разработки и производства
- Головка для лазерной наплавки собственной разработки
- Размер области печати – 600x400x400 мм
- Возможность использования любых металлических порошков

Используемые материалы: металлы и сплавы в порошковой форме (хром-никелевые, кобальт-хромовые сплавы, нержавеющая сталь, прочие материалы отечественного и зарубежного производства)



ГРУППА КОМПАНИЙ

**ЛАЗЕРЫ
И АППАРАТУРА**

- 25 лет на рынке
- Серийные комплектации и заказные разработки
- ПНР и сервисное обслуживание (дистанционно и с выездом к заказчику)

+7 499 390 90 86

sales@laserapr.ru

www.laserapr.ru

lia_laserapr

YouTube lia_laserapr