

# ЧИСЛОМ И УМЕНИЕМ

## Что обеспечило Франции место в тройке мировых лидеров в сфере аддитивных технологий

Дмитрий ТРУБАШЕВСКИЙ, ООО «Современное оборудование», группа компаний «Солвер»

**Осенью 2017 года произошло событие, значимость которого еще только предстоит осознать в полной мере. Ключевые представители французской отрасли аддитивных технологий встретились с лидирующими российскими предприятиями и интеграторами новых производственных решений.**

Бизнес-миссия, о которой здесь пойдет речь, была организована на высшем уровне Франко-Российской торгово-промышленной палатой (CCI France Russie), а также ее центром научно-технологической кооперации Nauka Innov, миссией которого является укрепление сотрудничества между французскими и российскими компаниями в области высоких технологий.

Мы были любезно приглашены к участию в мероприятии, потому что 25-летний опыт и компетенции нашей компании в области инженерного консалтинга, который, как надеемся, стал большим вкладом в техническое перевооружение российских предприятий, известны не только в России, но и во Франции. Мы всегда готовы поделиться своими наработками с партнерами и предприятиями, ведь цель, которую мы всегда перед собой ставим, — это повышение конкурентоспособности наших заказчиков на основе использования лучших мировых практик. Предлагаем вам ознакомиться с выдержками из отчета о посещении

исследовательских центров и производственных объектов Франции, тем или иным образом влияющих на развитие отрасли так популярной сегодня трехмерной печати.

Крупные и важные центры компетенций аддитивных технологий сегодня в основном сосредоточены в двух странах — в Германии и США. Германия, благодаря Институту лазерных технологий Фраунгофера (Fraunhofer Institute for Laser Technology), стала передовой страной в области лазерных технологий сплавления и спекания порошковых материалов. Более того, именно лазерные технологии имеют все шансы стать стандартом для оснащения цифровых производств Индустрии 4.0. Многочисленные разработчики из разных стран мира сегодня активно используют наработки института для создания своих систем лазерного отверждения материалов, предлагая зачастую очень интересные и доступные решения.

В свою очередь, США предоставляют лучшие условия для развития бизнеса и активно инвестируют в

стартапы с принципами построения моделей, отличными от лазерных. Американские компании Stratasys и 3D Systems, известные своими принтерами для работы с термопластиками и фотополимерами, имеют львиную долю рынка аддитивных технологий, все больше концентрируясь на профессиональных и производственных решениях для изготовления оснастки и конечных изделий. Сложно сказать, на каких принципах будут основаны технологии, которым предстоит главенствовать в будущем. Сейчас же для инноваторов открыто широкое поле деятельности: наиболее удачливым из них представляется шанс получить серьезные инвестиции и доверие заказчиков, а заводам — возможность опробовать трендовые технологии и технологии будущего.

До недавнего времени говорить о Франции, как о крупном игроке в аддитивных технологиях, не приходилось. Однако три-четыре года назад СМИ, а также мировые выставки и конференции стали получать сигналы о становлении Франции как нового



Техпроцесс на примере создания из керамики детали «Стабилизатор»

центра компетенций с широким рядом технологий, программных продуктов, а также сырья для осуществления полного цикла производства с применением аддитивных технологий. И это неудивительно, ведь инженерная школа Франции является одной из самых сильных в мире – достаточно упомянуть таких промышленных лидеров, как Airbus, Dassault Systèmes, Schneider Electric, Air Liquide, Michelin, Safran, Alcatel-Lucent, Air France-KLM, Dassault Aviation, французские автозаводы и многие другие.

По словам генерального директора CCI France Russie Павла Шинского, а также президента Nauka Innov Адриена Даньера, во Франции насчитывается около 120 компаний, занимающихся аддитивными технологиями, причем 57 из них – это исследовательские центры на базе вузов и корпораций. Помимо частных инвестиций в аддитивные технологии, государство уже инвестировало более 100 млн. евро с целью вывода Франции в ряд ведущих поставщиков решений для аддитивного производства.

Начнем знакомство с лидерами аддитивного производства с разработчиков материалов для «металлических» 3D-принтеров. Компании Aubert & Duval и Erateel (группа Eramet) известны не только во Франции, но и далеко за ее пределами, как производители широкого ассортимента высокопрочных металлических порошков для самых требовательных отраслей промышленности, в том числе авиастроения, космической промышленности, энергетики. Почти 140-летний опыт работы Eramet в области производства цветных металлов и сплавов, никелевых сплавов и суперсплавов, а также высокоэффективных специальных сталей, титановых порошков, порошков для HIP, быстрого производства и технологии MIM делает ее заметным мировым игроком. Порошки производства Eramet используются в производстве газовых турбин, двигателей для авиационной, автомобильной, космической промышленности, в инструментальном производстве, в медицинской промышленности. Наконец, стоит отметить, что все основные производители аддитивного оборудования в Европе

используют порошки этих компаний.

Теперь о поставщиках оборудования. Ведущий производитель оборудования для аддитивного производства для работы с керамикой компания 3DCeram была создана в 2001 году в Лиможе, центре ноу-хау по керамике. Технология SLA компании работает посредством сканирования лазерным лучом выровненной керамической пасты. После печати следует цикл удаления связующего вещества и спекание частиц керамики в печи с неизменной усадкой модели. Усадка моделей находится в пределах 15-21% и компенсируется благодаря фирменному программному обеспечению. Постобработка деталей может проводиться посредством виброгалтовки, шлифовки или ЧПУ-обработки. Технология позиционируется компанией уже для конечного применения, минуя научные исследования. Все чаще за керамическими моделями обращаются компании из авиационной, медицинской, энергетической, ювелирной промышленности. Будущее в компании видят в развитии линейки установок, использующих несколько моделирующих материалов в одном цикле печати.

Настоящей кузницей различных аддитивных технологий является компания Prodways – производитель оборудования для работы с пластиками, керамикой и полимерами по технологиям Plastic Laser Sintering, Plastic DLP Movinglight, Ceramic DLP Movinglight. Их решения применяются в авиационной, космической, автомобильной промышленности, в

медицинской сфере и научно-исследовательских центрах.

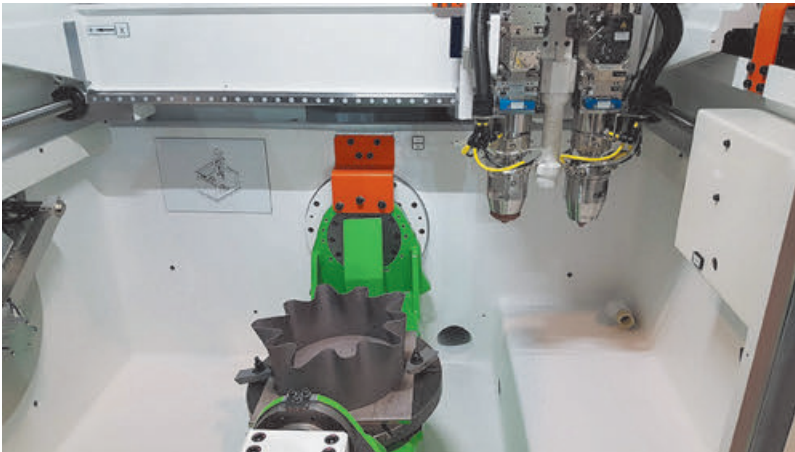
Компания BeAM Machines SAS – ведущий европейский производитель оборудования для аддитивного производства с помощью осаждения металлопорошковых композиций LMD (другое название технологии – лазерная газопорошковая наплавка). Компания родом из научно-исследовательского центра IREPA LASER, где на протяжении 15 лет изучались вопросы в области лазерной газопорошковой наплавки. Итогом его деятельности стало образование в 2012 году компании BeAM Machines SAS (BeAM – сокр. от Be Additive Manufacturing, с англ. «быть аддитивным производством», а также от англ. «луч»). Компания выпускает ряд установок для промышленного производства.

На установках Modulo или Magic можно осуществлять достаточно сложные работы, выращивая детали «с нуля», либо добавлять материал к уже имеющимся деталям (изготовленным по традиционным технологиям, либо посредством технологии SLM), а также ремонтировать изношенные части узлов в рамках ToIP техники на базе быстро разворачиваемых ремонтных площадок. К слову, в г. Цинциннати (США) уже действует производственная площадка BeAM для расширения влияния на рынке и увеличения компетенций компании. До конца 2017 года осуществлялась поставка новых установок Modulo 400 в исследовательский центр Safran, политехнический институт Антуана де Сент-Экзюпери (IRT



Производственный цех Prodways





Новая установка BeAM Modulo 400

Saint Exupéry) и компанию OPT'ALM группы Rossi Aero. В 2018 году будет произведена поставка установки Magic в Наньянский технологический университет в Сингапуре.

Что касается практики сотрудничества Франции и России в сфере развития технологий газопорошковой наплавки, то здесь одно из знаковых событий – подписанный весной 2017 года Меморандум между компаниями BeAM Machines SAS и Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом (СПбГМТУ). Обе стороны добились немалых успехов в инновационном аддитивном производстве и, объединив усилия, смогут усилить компетенции и эффективно развивать перспективную технологию. Подписание Меморандума говорит о признании российской инженерной школы и отечественных технологий за рубежом, что, без сомнения, будет полезно для развития отечественной промышленности. Перспективное взаимодействие компаний не только обеспечит расширение их компетенций, но и поднимет престиж российской науки и промышленности в мире, а также будет способствовать появлению и эффективному развитию нового оборудования на мировом рынке аддитивных технологий.

Компания Fives Michelin Additive Solutions (AddUp) уже достаточно известна в России – это совместное предприятие двух французских компаний Fives Group и Michelin. В портфеле предложений компании пока одна установка FormUp 350 и гибко конфигурируемое комплексное решение AddUp Flex Care System, в основе которых

лежит технология SLM. В ближайших планах AddUp – расширить линейку уникальными и востребованными системами, что должно стать серьезным вкладом в мировую экспансию лазерных аддитивных технологий.

Одно из ключевых особенностей предложения AddUp – сопровождение клиентов на всех этапах аддитивного производства, начиная от консалтинговых услуг, обучения, разработки конструкции деталей, тестовых работ, а также поставки оборудования.

Двадцатилетний опыт Michelin доказал, что серийное промышленное производство металлических деталей для изготовления пресс-форм с производительностью около 1 млн. изделий в год может быть организовано с помощью аддитивных технологий и является экономически эффективным. Единственные в своем роде шины CrossClimate и CrossClimate+ изготавливаются с помощью пресс-форм с напечатанными ламелями сложной геометрии, которые невозможно получить традиционными способами производства.

Цех аддитивного производства Michelin, ввиду строгой конфиден-



Установка FormUp 350



Головной офис Michelin



Элемент пресс-формы с напечатанными ламелями (а) для производства шин Michelin CrossClimate (б)

циальности, нам сфотографировать не удалось, однако читатель может поверить нам на слово – все в цехе оборудовано по последнему слову техники: аддитивные установки, периферийное оснащение для подготовки и подачи порошка, газа, мойки готовых деталей, постобработки, интегрированной системой контроля. Работа оборудования, как и полагается для серийного производства, осуществляется в режиме 24/7.

Большое значение в компании уделяют охране труда, безопасности и защите окружающей среды. Поскольку технологией предусмотрены работы с мелкодисперсионными порошками с фракцией 6-8 мкм, каждый вход и выход из цеха сопровождается утомительным для посетителей, но привычным действием для штатного персонала – облачением в спецодежду.

Еще один важный игрок – промышленный кластер ViaMesa, в состав которого входят компании, выполняющие совместные проекты инновационного характера: компании и группы компаний, исследовательские институты – государственные или частные, учебные заведения. Основные направления деятельности кластера – инженерия услуг, аддитивные технологии, автоматизация и роботизация, а также процессы для повышения качества поверхностей изделий.

Сообщество RAFAM (аддитивное производство металлических изделий региона Рона-Альпы) объединяет шесть региональных лабораторий, специализирующихся на аддитивном производстве металлических изделий. RAFAM оказывает компаниям поддержку на всех этапах квалификации, производства и постобработки, связанных с инновационными технологиями.

Национальная высшая школа искусств и ремесел, основанная еще в 1780 году, осуществляет подготовку инженеров, магистров и кандидатов наук в различных областях. Школа сотрудничает с ведущими университетами Москвы, Санкт-Петербурга и Томска. Специалисты вуза исследуют различные аддитивные технологии (преимущественно металлпорошковые), поведение материалов, разрабатывают программное обеспечение для симуляции процессов синтеза.

Софтверный гигант ESI, один из мировых лидеров в области программного обеспечения, широко известен работами в области изучения физики материалов и позволяет производителям оборудования заменить реальные испытания на компьютерные модели процессов. Компания разрабатывает программную среду для многочисленных виртуальных процессов, происходящих в производ-

стве, включая создание виртуального двойника изделия – Hybrid Twin™, виртуальную реальность, BIG DATA, облачные вычисления, системное моделирование. Немаловажная роль отведена моделированию процессов аддитивного производства из металлического порошка. Разработанная компанией интегрированная вычислительная платформа проектирования материалов ESI-Additive Manufacturing включает также инструменты для оценки коробления, которые объективно и эффективно прогнозируют поведение обрабатываемого объекта во время процесса создания, а также после его снятия с подложки.

В числе пользователей продуктов ESI – компании Volkswagen, Ford, Mazda, СГАУ, НИТУ «МИСиС», КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, МГТУ «СТАНКИН», МАИ, Корпорация «Иркут», ФГУП «Салют», ФГУП «Центральный институт авиационного моторостро-



Гордость Национальной высшей школы искусств и ремесел в сфере аддитивного производства – строительный 3D-принтер

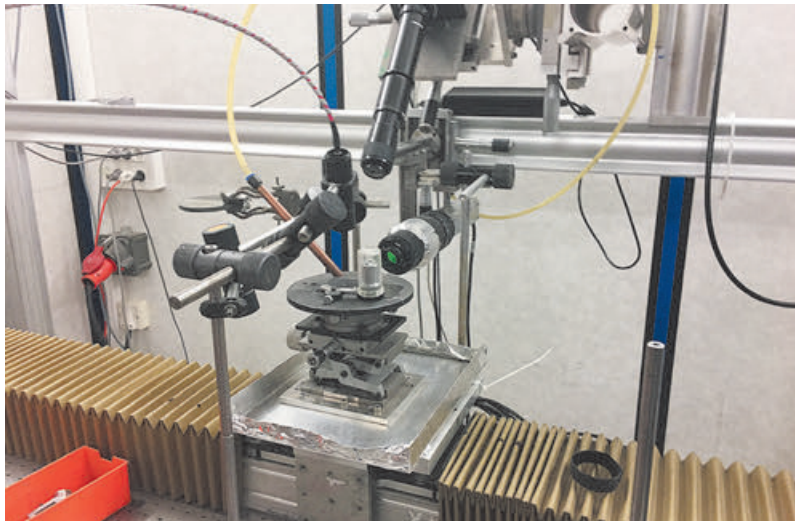


ения имени П.И. Баранова», ФГУП «ЦАГИ», АО «НПО «ЦНИИТМАШ», ОК РУСАЛ, ПАО «ОДК-Сатурн» и другие.

Сотрудничество российских компаний и вузов с ESI и университетами Франции способствуют развитию научного потенциала обеих сторон. Интенсивный обмен опытом использования ПО, раскрытие некоторых ноу-хау, систематически организуемые конференции и симпозиумы поднимают уровень развития специалистов обеих стран. Обсуждаемые проблемы и предложения становятся частью стратегии развития софтверных гигантов и отечественных молодых, но перспективных продуктов, создаваемых все чаще вопреки факторам антироссийских санкций.

Всемирно известная группа Safran Tech занимается разработкой в области высоких технологий и является ключевым поставщиком предприятий авиационной, космической и оборонной промышленности. Исследовательский центр SMARTEC группы Safran создан в 2001 году благодаря усилиям Safran Snesta (70% инвестиций) и НПО «Сатурн» (30% инвестиций). Центр занимается проектированием изделий для их изготовления с помощью аддитивных технологий, тем самым формирует облик авиационного производства будущего. Изучаются возможности и проблемы эксплуатации самого передового аддитивного оборудования, работающего на технологиях SLS, SLM, LMD, EBM. С целью добиться сокращения веса деталей и стоимости их изготовления инженеры центра активно используют возможности программного обеспечения с топологической оптимизацией, полным контролем параметров оборудования, входного и выходного контроля качества изделий. В штате центра трудится 150 экспертов. Safran Tech активно взаимодействует со многими предприятиями и университетами в РФ.

Серьезный игрок – консорциум SOFIA 2016-2022 (бюджет более 50 млн евро), занимающийся разработкой аддитивного производства путем взаимодействия со всей производственно-сбытовой цепочкой (порошки, оборудование, технология). В проектную группу входят компании Aubert & Duval, ESI Group, FusiA, Michelin,



Лабораторная установка, оснащенная камерой для качественной съемки металлургических процессов исследуемых порошковых материалов при их синтезе (Национальная высшая школа искусств и ремесел)



Опытные работы по технологии газопорошковой наплавки LENS на оборудовании OPTOMECS LENS 850 (Национальная высшая школа искусств и ремесел)

Safran, VOLUM-e, Zodiac Aerospace, а также школы и университеты: Centrale Supélec, Centrale Nantes, Ecole Polytechnique, ENS Paris-Saclay (ENS Cachan), Université Paris Diderot, Université Paris-Sud, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI. Инициатор консорциума – Fives Michelin Additive Solutions.

Также начала свою работу инициатива AFTER ALM 2017-2020, участники которой ставят целью исследование различных методов обработки для улучшения качества поверхности напечатанных деталей, сокращение количества легко отделяемых частиц порошка с поверхности, улучшение функциональных свойств деталей и многое другое.

Компании Комиссариата по атомной и альтернативной энергии CEA Tech и

SETIM – это французские исследовательские центры, поддерживающие промышленные отрасли при помощи проектов технологического развития. Эти компании являются партнерами в рамках программы открытия хаба аддитивных технологий («Additive Factory Hub»). Цель программы – объединить наиболее эффективные практики и методы для ускорения процесса развития аддитивного производства в отрасли.

Основываясь на своем широко признанном опыте, CEA Tech активно участвует в совместных проектах с большим количеством академических и промышленных партнеров.

Во Франции имеется несколько крупных компаний, предоставляющих сервис позаказного производства. Одна из них – Volume-E, представляющая



В холле компании SMARTEC

собой современное сервисное бюро с мощнейшей производственной базой, специализирующейся на высокоэффективном аддитивном производстве полного цикла. Компания, основанная в 1970 году, принадлежит семейному холдингу 3DS GROUP через MMB Group. Группа компаний активно развивает как традиционные, так и инновационные подходы в изготовлении прототипов и серийной продукции. Основные отрасли, с которыми они активно работают, — это ювелирное производство, автомобильная, авиационная, космическая, электронная промышленность, а также медицина. В числе их постоянных — компании LVMH (Dior, Dom Pérignon), Puig (Paco Rabanne, JP Gaultier), Pernod Ricard, Peugeot-Citroën, Renault, Toyota, Faurecia, Safran (сертифицированные детали ready to fly), Thales, Zodiac Aerospace, Aptar Pharma, Pharma-technology.

Оборот Volume-E 2016 году составил 6,6 млн евро, включая 10% за пределами Франции. Парк оборудования включает семь фрезерных ЧПУ станков, четыре установки для вакуумного литья в эластичные формы, печи, гальванический цех и камеру покраски. Аддитивное оборудование представлено более чем двадцатью установками, работающими по технологиям SLA, SLS и SLM!

Подытожу свой краткий обзор несколькими основными выводами.

1. Правительство Франции и частные компании активно инвестируют в отрасль аддитивных технологий. Осуществляется мощная поддержка мало-

го и среднего бизнеса с ежегодными инвестициями 6 млн евро. Заинтересованность в развитии собственных аддитивных технологий выражают как предприятия ВПК Франции, так и такие мировые лидеры, как Airbus, Michelin, Safran, 3D Ceram, Prodways и пр. Поддерживающим фактором развития аддитивных производств является развитие технологических инициатив на государственном уровне, например, SOFIA и AFTER ALM. Все это говорит о серьезных планах стать полноправным участником рынка аддитивных технологий, составив конкуренцию Германии и США.

2. Франция имеет высокий научный и инженерный потенциал. В числе прочего в стране имеется 57 исследовательских центров, некоторые из которых уже взаимодействуют с российскими учебными учреждениями и предприятиями в области развития аддитивных технологий. Во Франции отлично понимают, насколько важно формировать новое мышление как у



Изделие, спроектированное и изготовленное силами Volume-E

конструкторско-технологического, так и управленческого состава предприятий с опорой на новые технологии производства.

3. Франция проявляет активность в разработке программного обеспечения для моделирования процессов аддитивного производства, позволяющего до фактического изготовления изделий провести анализ и верификацию как процесса построения (переспекание, не полное спекание, качество дорожек, моделирование опорных конструкций и т.п.), так и вспомогательных процессов по термообработке напечатанных изделий. Инженерное обеспечение для математического моделирования процессов аддитивного производства позволит оперативно и с меньшими затратами оценивать качество и свойства деталей на этапе компьютерной конструкторской разработки.

4. Опыт Michelin показал, что серийное производство с помощью аддитивных технологий может быть выгодным как по стоимости, так и конкурентоспособным по срокам и сложности изготовления изделий, недоступной ранее.

В заключение хочется выразить особую благодарность командам CCI France Russie и Nauka Innov, благодаря усилиям которых мы смогли посетить крупнейшие инженерные и производственные компании Франции, наладить контакты и на деле убедиться в большом потенциале нового и сильного европейского игрока в аддитивном производстве. Мы абсолютно убеждены в том, что в скором времени весь мир будет считать Францию страной передовых премиальных решений для 3D печати, что уже подтверждается соответствующими инвестициями и желанием вузов и частных компаний использовать разработки мирового класса.

В свою очередь, Россия тоже может предложить интересные и перспективные разработки как на уровне производственных аддитивных комплексов, так и в программных решениях. Объединение инженерных школ России и Франции — прекрасная возможность обеих сторон заявить о себе как об элитарных разработчиках инновационных решений производства Индустрии 4.0. ■