

ДАЙДЖЕСТ

Производственные инновации для профи

**АП: всё больше спрос,
всё меньше скепсис**

ЦАТ – это про инновации и масштабные задачи

Wohlers – глубоко, ёмко... и доступно

Новые тренды в цифровом производстве



Посетите сайт <https://k-at.ru> для получения своего экземпляра маркетингового исследования.

Освещаем главные новости и тренды в сфере промышленных
аддитивных технологий, 3D-сканирования, метрологии,
автоматизации и цифровизации современных производств.

Содержание

ЦАТ – это про инновации и масштабные задачи	4
Wohlers: глубоко, ёмко... и доступно! Часть 1. Мифы и заблуждения	16
Wohlers: глубоко, ёмко... и доступно! Часть 2. Аналитическая	21
АП: всё больше спрос, всё меньше скепсис	24
Маневренные новички «подрезают» гигантов	34
Freeform: производственная лояльность	36
В BMW облегчили жизнь своим роботам.....	40
Новые тренды в цифровом производстве и аддитивный след.....	43

Дайджест

Номер 4, май 2024 г.

Размещается на медиа-ресурсе INDUSTRY3D на некоммерческой основе.

Издатель: медиа-ресурс Industry3D, e-mail: info@industry3d.ru.

Реклама: chief_editor@industry3d.ru.

Редакция:

главный редактор: Дмитрий Трубашевский,

моб.: +7 (916) 950-21-89, e-mail: chief_editor@industry3d.ru;

шеф-редактор: Светлана Бакарджиева,

моб.: +7 (910) 938-25-50, e-mail: busido.63@mail.ru.

Дизайн и верстка: Дмитрий Фадеев.



Слово главного редактора



Друзья!

Мы долго держали интригу, не раскрывая того, каким масштабным проектом занималась наша команда всю весну 2024 года. Наконец, мы завершили то, что очень интенсивно готовили.

Мы хотим сбросить с себя весь груз аналитики, отлипнуть от продавленных от наших тел кресел, распрямить плечи и громко, в манере Владимира Маяковского, сказать: «Встречай, страна бескрайняя, исследование важное! Покажем миру капиталистическому бездушному яркую искру и высокий потенциал российского рынка аддитивного! Трепещи, супостат, будь тревожен — ибо русские идут!».

Но шутки в сторону. Вместе с единомышленниками мы создали Клуб аддитивных технологий (КАТ), который и стал той самой искрой, способной разжечь пламя. Произойдёт это или нет — покажет время. Но предпосылок

для огня более, чем достаточно. Чтобы убедиться в этом, вам потребуется зарегистрироваться на сайте КАТ и скачать отчёт совершенно бесплатно.

Пообещайте, что вы внимательно ознакомитесь с результатами нашего труда, дадите свои комментарии, выскажете пожелания на будущее и станете частью быстрорастущего сообщества инноваций вместе с нами!

Мы очень хотим проверить свои прогнозы и планируем выпускать подобные отчёты ежегодно, а также периодически представлять бенчмарк-исследования, совместные экспертные работы и форсайт, систематизацию мировой технологической практики в различных технологиях печати и многое другое.

Ну а пока наслаждайтесь лучшими, по мнению нашей редакции, отраслевыми новостями за май 2024 года.

*Ваш Трубашевский Дмитрий,
главный редактор INDUSTRY3D*

**Подписывайтесь на наши группы
и каналы в соцсетях:**

Телеграм: t.me/infoindustry3d

Вконтакте: vk.com/media_industry3d

Дзен: dzen.ru/industry3d

ЦАТ – это про инновации и масштабные задачи


clck.ru/3B3pZC

Собираясь на это интервью в Центр аддитивных технологий Ростеха (далее – ЦАТ), наша редакция настраивалась на, в общем-то, привычную беседу о парке оборудования и его загрузке, об инжиниринговых кейсах и обучающих программах — то есть, о том, чем в первую очередь известен ЦАТ большинству отечественных аддитивщиков. Однако состоявшаяся после подробной экскурсии по производственным помещениям центра беседа с руководителем учебного центра Мариной Данильченко и ведущим специалистом Гарегиним Асланяном пошла не по предсказуемому сценарию: наши собеседники размышляли вслух, сопоставляли факты, опровергали стереотипы и просто философствовали. Нам оставалось импровизировать, формулируя на ходу нестандартные вопросы, и, конечно, фиксировать взгляд на АП с необычных ракурсов. Вот что в итоге получилось.

Застарелые стереотипы и современные прошивки

— Парк оборудования ЦАТ, безусловно, впечатляет, с таким оснащением, как нам кажется, у вас должны быть широчайшие

возможности. Тем не менее в частных компаниях сложилось устойчивое мнение, что заказывать что-либо у подразделений Ростеха, и у ЦАТ, в частности, не очень-то комфортно, поскольку там всё делается дорого и долго. Это просто застарелый стереотип, некорректные высказывания конкурентов, или же действительно всякое бывает?

Гарегин Асланян:

— По поводу стереотипа «дорого и долго» я скажу, как физик: внешняя среда нашу систему, как и любую другую, скорректирует тем или иным образом. То есть либо всё останется, как прежде, и, значит, мы делаем это обоснованно, либо система будет меняться под воздействием рынка и внешних сил.

— И какой вариант представляется наиболее реальным?

Гарегин Асланян:

— Вот по каким параметрам у нас сравнивают компании? По качеству продукции, по ее стоимости, по ответственности изготовителя. То есть, одно дело заказать детальку у какого-то ООО с уставным капиталом в 10 тысяч рублей. И совсем другое – у инвестпроекта Ростеха. Другой вопрос: вы заказываете деталь вроде бампера на «легковушку», или сложное изделие, причем, у поставщика, у которого высочайший уровень ответственности за сроки и качество, – как считаете, в такой ситуации можно говорить о простых и рутинных подходах в работе по аналогии с рядовой прошивкой? Именно этим, возможно, и обусловлены наши темпы и стоимость работ.

— А вы сами как пришли в структуру Ростеха? Что вас здесь привлекло?

Гарегин Асланян:

— В аддитивной индустрии я с 2016 года, когда поступил в магистратуру ВИАМ. Там я попросился в аддитивную лабораторию, и попал в ту, которая была создана под «Тантал» – комплексный проект Фонда перспективных исследований по разработке материалов нового поколения для аддитивных технологий изготовления конструктивных элементов авиационных и ракетных двигателей. А в ЦАТ я перешел в октябре 2021 года, сначала на производство, а затем – в наш учебный центр.

Марина Данильченко:

— Для меня приход в ЦАТ – это возможность реализоваться в компании, перед которой стоят глобальные и очень интересные задачи. Это развитие АП в контуре такого гиганта, как Ростех. Но при этом те передовые идеи и продукты, которые мы здесь отработываем

и разрабатываем, будут масштабироваться и в другие отрасли, другие государственные корпорации, поэтому мы работаем в том числе и с АО «Объединенной судостроительной корпорацией», и с Госкорпорацией «Роскосмос».

Ростех привлекает и тем, что здесь представлены разные индустрии, для которых ставятся и решаются очень сложные разноплановые задачи. Это и авиастроение, и электроника, и химпром, и медицина, и еще много-много чего, где неожиданно для себя обнаруживаешь, что можно применить свои силы и знания, связанные с аддитивными технологиями. Моя задача как руководителя нашего образовательного центра, – это привести АТ в традиционные индустрии. И на этом стыке можно сделать нечто принципиально новое.

Так что Ростех и наш ЦАТ – это про инновации и масштабные задачи. В этом плане здесь делается многое. Мы закупаем оборудование, можем участвовать как самостоятельное внутреннее





Рис. Участок с L-PBF оборудованием

подразделение в перспективных научных исследованиях. У нас также налажено взаимодействие с вузами, в том числе с их передовыми инженерными школами (ПИШ), которых уже больше 50.

Покупаем российское

— Мы тоже ставим одной из своих задач как-то срастить, породнить традиционные технологии и аддитивные. Как минимум, подсказать, как они могут взаимодействовать в одном контуре, взаимодополнять друг друга. Вот вы, Гарегин, придя из производства, наверное, видели, как это получается либо нет, понимали причины?

Гарегин Асланян:

— Столько лет проработав в индустрии АТ, я теперь в ответ на вопрос о том, что является самым важным фактором, скажу так: безусловно, на общий результат очень сильно влияют разработка технологии, оборудование, материал. Но при этом всё же главное – человеческий фактор, то есть, насколько ответственно люди относятся к своему делу. Именно человеческий фактор

определяет, какое оборудование будет закупаться: импортное или отечественное. Именно человек выбирает, кому заказать разработку технологии: иностранцам или своим.

— Кстати, мы обратили внимание, что ЦАТ уже начинает комплектовать свои цеха отечественным оборудованием.

Гарегин Асланян:

— Я могу только порадоваться, что мы начинаем открывать для себя российские машины.

— Открывать в каком плане? Вы уже знали, что есть достаточно конкурентоспособные аналоги лучших образцов в российском исполнении?

Гарегин Асланян:

— Я вообще не оцениваю оборудование с точки зрения конкурентоспособности. Если говорить о моих предпочтениях, то, поставьте передо мной 150 различных линеек 3D-принтеров, и среди них я выберу немецкий Concept Laser (С декабря 2016 года компания Concept Laser стала частью американской корпорации GE Additive. – Прим. ред.)

с точки зрения качества, удобства эксплуатации и так далее. С одной стороны, есть условный Concept Laser, который я предпочитаю за его характеристики, есть многолетний опыт и огромный массив наработок от мировых лидеров отрасли. А с другой стороны, например, в Краснодаре есть ООО «Южный завод тяжелого станкостроения» (Одно из крупнейших станкостроительных предприятий СССР и современной России, на котором занимаются проектированием, изготовлением и монтажом токарно-карусельных станков, многоцелевых обрабатывающих центров, продольно-фрезерных центров, а теперь и 3D-принтеров. – Прим. ред.), где активно развивается проект по созданию линейки L-PBF/SLM принтеров под маркой «Астрей». Даже несмотря на то, что это оборудование еще в процессе разработки и производства, тем не менее, я бы рекомендовал присмотреться к нему всем российским аддитивщикам. Во-первых, чтобы, продвигать наш научно-производственный суверенитет, во-вторых, этот завод является инвестпроектом Минпромторга РФ, развивают который очень усердно. И в-третьих, опять же, отечественное оборудование в парке – это еще и наша русскоязычная всегда доступная поддержка. Очень важно понимать, что в российских проектах рабочие вопросы решаются намного легче и быстрее.

Также у нас используются отечественные 3D-сканеры, отечественный профессиональный FDM 3D-принтер для обучения и не только. Планируем их задействовать и под мелкосерийные заказы: мы ведь не только обучаем, но и оказываем услуги производственного характера.

— *Только для ОДК?*

Марина Данильченко:

— Не обязательно. Мы не ограничены контуром ОДК или Ростеха и нацелены на широкий рынок.

— *А как решаете вопрос с программным обеспечением? Вы начинаете выбирать что-то из российского софта?*

Гарегин Асланян:

— Мы активно ведем переговоры с ATSS по поводу их ПО Glicer на предмет использования его для обучения. Мы его тестировали, и нам оно тоже очень понравилось.

— *Как вы будете решать неизбежные проблемы с импортным оборудованием, когда начнутся поломки, износ и т.п. «прелести» эксплуатации?*

Гарегин Асланян:

— Есть два варианта. Местные «самоходки» при необходимости что-то докручивают, допиливают, переделывают – и снова всё у них начинает работать. Второй вариант – разбор не подлежащего восстановлению оборудования на запчасти для последующего использования в ремонтах. Умельцев у нас достаточно. Однако ЦАТ еще нет и шести лет, а срок службы 3D-принтера в среднем составляет 8 лет. Кроме того, машинный парк пополняется отечественным оборудованием, так что проблем быть не должно.



Рис. Участок с L-PBF оборудованием

«Это не наша тема!»

— Да, отечественным аддитивщикам сейчас есть, на чём работать. Вопрос в том, есть ли кому работать в этой сфере, да так, чтобы развивать её? Марина, вы, как руководитель учебного центра, как оцениваете уровень подготовки работников предприятий, связанных с 3D-печатью?

Марина Данильченко:

— Гарегин правильно сказал: наша отрасль опирается прежде всего на людей. До недавнего времени, пока наша индустрия в России делала первые шаги и формировалась преимущественно из энтузиастов, в нее приходили люди из разных профессий, зачастую очень далеких от АТ и даже от любого промышленного производства. Потому что аддитивка позволяет человеку реализовать свой потенциал, даже если он изначально скрытый. Например, наш текущий начальник участка постобработки по образованию – повар. Он начал свой путь в АТ в АО «НПО СИСТЕМ» и в конечном итоге пришел в ЦАТ.

Сейчас, конечно, порог входа в АП стал

существенно выше. Аддитивным производствам требуются специалисты с базовым техническим, инженерным образованием: машиностроительным, материаловедческим – для того, чтобы они как можно быстрее встроились и в компанию, и в систему идентификации. И это правильно, это уже говорит о некой степени зрелости индустрии. Конечно, мы далеки от насыщения этого рынка, но уже очевидны шаги в этом направлении.

— А наши вузы справляются с подготовкой таких специалистов нужного профиля и с нужными компетенциями?

Марина Данильченко:

— Вопрос интересный! В нашем центре организуются стажировки преподавателей технических вузов, читающих инженерно-технические дисциплины, причем, не обязательно связанные с АП. В прошлом году провели обучение 100 преподавателей МИСИС, в этом году ждем также на обучение преподавателей и студентов из других вузов. Нам важно, чтобы наши слушатели в принципе начали понимать, что такое аддитивные технологии. Ведь они очень



Рис. Лаборатория материалов

часто оторваны от практики, конечно, кроме тех, кто пришел с производства. И о чем такой теоретик в чистом виде может рассказать своим студентам, интересующимся АТ? В некоторых вузах, которые занимаются информатикой, айтишной тематикой, нам заявляют: а вы, мол, к нашей тематике никакого отношения не имеете! И в подобных случаях приходится заниматься просвещением, объяснять, что аддитивные технологии намного шире, чем просто работа определенного станка или оборудования. Что здесь есть материаловедение, что применяются в том числе IT, это программное обеспечение, которое, кстати, нужно импортозамещать.

— А с ведущими аддитивными компаниями учебный центр сотрудничает? Там специалисты – готовые лекторы-практики!

Гарегин Асланян:

— У нас разработана совместная обучающая программа с «НПО «ЗД-Интеграция» (бренд «AM.TECH», группа компаний i3D) по технологии MBJ (англ. Metal Binder Jetting – печать связующим по металлическому порошку. — Прим. ред.). Под нее выделена группа лекторов из числа специалистов компании. Мы планируем начать работу программы в этом году.

Редакция:

— Может быть, вам надо работать в своих обучающих программах на опережение, самим формировать спрос на определенные темы, разделы?

Гарегин Асланян:

— Думаю, к этому мы придем на следующих этапах деятельности центра. Здесь ведь многое зависит от распространенности установок. Помните, как в середине 2010-ых годов у обучающихся

организаций доминировала установка на обладание «престижными» зарубежными сертификатами. Прошло не так много времени, и теперь в итоге выяснилось, что на госпредприятиях эти импортные сертификаты не нужны, а везде требуются соответствующие документы российского государственного образца. У нас есть государственная лицензия, а у группы компаний i3D – специалисты, готовые читать нужные и интересные лекции. Так что, думаю, у нашей совместной программы хорошие перспективы.

АП – дело молодых?

— Если исходить из вашего опыта общения с производителями, то с кем обычно получается легче и эффективнее взаимодействовать – с возрастными руководителями или же с новым поколением? У кого больше страхов и самоограничений? Кто более гибок и креативен?

Гарегин Асланян:

— Тут у нас опыт субъективный и ситуативный. Встречали и очень по-современному мыслящих и действующих управленцев старших поколений, сталкивались с закрытостью и инерцией у молодежи.

Редакция:

— То есть, тут не поколенческий вопрос?

Гарегин Асланян:

— Абсолютно. Вот чем хороша аддитивка – здесь поколенческий вопрос отсутствует.

— Разве? Согласитесь, в эту индустрию идет в основном молодежь. И, кстати, у вас мы видели много молодых сотрудников, которым, судя по всему, очень нравится здесь работать!

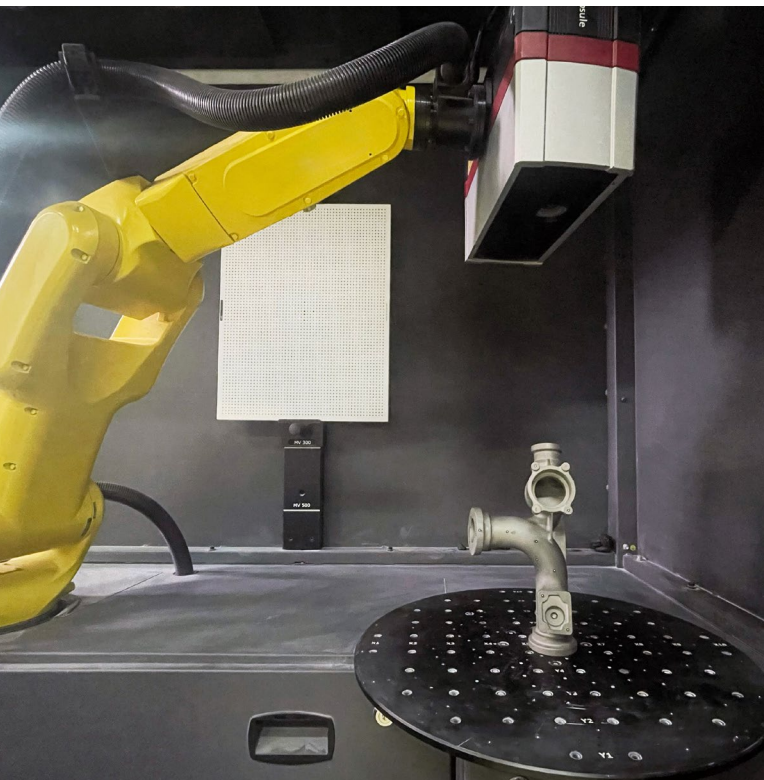


Рис. Лаборатория контроля

Марина Данильченко:

— Да, молодежи к нам приходит много. Но и текучесть кадров в этой возрастной категории есть. Причем, в основном здесь трудно приживаются ребята, которые пришли из коммерческих организаций. Для них работа в госструктуре – это проблематично, очень и очень сложно. Жесткие нормативы, строгая дисциплина, то есть, именно то, что характерно для государственных предприятий, им очень тяжело дается. К тому же они в большинстве своем ориентированы на так называемую вертикальную карьеру: должности, масштабы, причем, вне зависимости от опыта работы, им всего хочется здесь и сейчас. А у нас, в аддитивке, сначала надо очень много в низовой позиции потрудиться, чтобы всё понять.

И в частные компании молодежь приходит обычно на стартовые позиции, туда, где требуется отработка технологии, или доводка продукта, апробация каких-то идей. Но вот в плане

разработки стратегии, организации работ коллегам без опыта здесь делать нечего. Да, есть единичные исключения из правил, но в тех случаях, когда коммерческая специализированная фирма создается с нуля, как например «Ф2 Инновации». Но если мы говорим о традиционных индустриях, там ни за что не поднять аддитивное производство на должный уровень без управленческих компетенций и опыта работы в сложных процессах. А такой опыт и компетенции нарабатываются годами по мере прохождения всех этапов профессионального роста.

Если мы хотим, чтобы это внедрялось внутри компании, то здесь необходимо сотрудничество. Когда есть энтузиазм и современные знания молодых, но есть и опора на управленческий и внедренческий опыт старших поколений. К сожалению, я вообще практически не вижу такого сотрудничества здесь на рынке. Все сами по себе, весь путь проходят самостоятельно с молодёжью, либо с людьми зрелого поколения.

От забегов одиночек – к командной игре

— Кстати, о коллаборациях. Как думаете, почему это до сих пор довольно редкое явление в отечественной аддитивке?

Гарегин Асланян:

— Возьмите сегодня любую нашу компанию, где печатают изделия по технологии L-PBF/SLM. Чаще вы не встретите здесь никаких совместных проектов. Каждый сам в себе, каждый создает продукты и их продвигает.

— Но, например, компания ООО «Аддитивные технологии» с инженерами МАИ тесно сотрудничает с компанией ООО «Лазерные Системы»...

Гарегин Асланян:

— Да, но это сотрудничество по софту, а я сейчас говорю о сотрудничестве в L-PBF/SLM при разработке и производстве принтеров. И таких примеров вы не найдете, как и в отношении разработчиков софта. Конкуренция, да? Но здесь, в моем понимании, отсутствие сотрудничества производителей принтеров (без поддержки со стороны крупных компаний прим. ред.) между собой – это процесс, уводящий отечественную аддитивку к заикливанию в себе и к итоговому отставанию. Если на рынке есть несколько сильных решений, которыми пользуются все, рано или поздно все к ним придут. Софт и должен объединить всех наших аддитивщиков.

Марина Данильченко:

— Сейчас, наверное, они все исходят из известной поговорки: кто раньше встал, того и тапки, кто первый сейчас на этом рынке, тот снимет самые густые сливки. Но нет понимания масштабности общей задачи. Того, что индустрия АП – это на долгие-долгие годы, и ее нужно и дальше расширять, и активнее внедрять. Здесь как раз, урвав себе кусочек на первых этапах, можно в конечном итоге без коллаборации потерять больше. Вот пример из опыта одной из высокотехнологичных отраслей. Каждый продукт делался по своей технологии, вплоть до того, что каждый винтик для него тоже делали сами. Но когда пришло время приступить к серийному производству, во весь рост встала проблема: невозможно было уже разные решения посадить на одну платформу, что не давало возможность выпускать серии. И пришлось очень многое переделывать, перестраивать процессы, и на этом потеряли очень много времени.

Печатать научились.**А считать?**

— *А куда в данном случае смотрели экономисты этой корпорации? И вообще, насколько развита сейчас экономика в нашем сегменте?*

Гарегин Асланян:

— Мы прежде всего должны считать экономическую эффективность применения того или иного способа. Но пока что об экономике АП не говорит никто. Даже преподаватели технических вузов. Вот пример: читаю для группы таких преподавателей лекцию по экономике, как ее считать, какие есть экономические модели и т.д. И ловлю реплику с места: мол, нам эта тема не нужна вообще. В тот же день и с той же аудиторией обсуждаем нюансы внедрения в производство передовых технологий. Слушатель из группы рассказывает, какие уникальные детали они у себя печатают. Спрашиваю о цене вопроса. И – нет ответа. Ну и как прикажете оценивать целесообразность внедрения этого в производство? Еще пример: мы побывали на госпредприятии, где тоже применяют аддитивные технологии – активно и успешно печатают песчаные литейные формы. Задаю вопрос: ваше производство высокоприбыльное, самоокупаемое или убыточное? Отвечают: убыточное. Хотя только что утверждали, что благодаря этим песчаным формам завод экономит три года. Пытаюсь уточнить, как же при таких условиях получается, что они убыточные? В ответ слышу: а как нам это сэкономленное время связать с деньгами? Пытаюсь объяснить, как. В ответ – недоуменное: мы это никогда не считали! А компании, на минуточку, уже больше 10 лет. Соответственно, у меня возникает очень простой вопрос:

если там за более чем 10 лет не занимались проработкой этого вопроса, как вообще понять, является ли компания экономически эффективной или нет? И поскольку это госпредприятие, то рано или поздно этот вопрос возникнет у государства: целесообразно ли в данном случае вливание бюджетных средств?

В аддитивке экономика должна стоять как минимум на втором месте по значимости. Технология эта новая, следовательно, она дорогая, и, прежде чем ее внедрять на конкретном производстве, надо очень хорошо посчитать, во сколько обойдется внедрение и что получится на выходе.

— *Еще вопрос из области экономики: самодостаточна ли сегодня Россия в плане материалов для аддитивного производства?*

Гарегин Асланян:

— По металлам вообще не вижу проблем. Есть у нас и титан, и алюминий, и нержавейка, и жаропрочные сплавы. Богата земля русская материалами. Качество сырья – отдельный разговор.



Рис. Участок полимерной SLS 3D-печати

Марина Данильченко:

— Есть и сопутствующий очень актуальный вопрос: об использовании вторичного порошка. Этим практически никто не занимается. Известно, что одно из предприятий ОДК проводило в этом плане разработки, чтобы выявить, на каком этапе, на какой итерации вторичный порошок теряет свои качества. И, по неофициальным данным, там дошли до 20-й итерации без потери качества материала.

— *Если это так, то, вероятно, это должно существенно повлиять на ценообразование? Нужны расчеты, насколько сильно это снижает стоимость, повышает эффективность использования материала.*

Гарегин Асланян:

— Здесь у меня надежда на капитал и его тягу к инвестированию. Инвестор рассуждает так: если я потрачу деньги сейчас, возможно, через пять лет я буду в этом сегменте тратить ощутимо меньше. Другой вопрос, какой горизонт планирования у этого капитала? Если он такой же краткосрочный, как и у производства, то всё становится абсолютно бессмысленным. Если частник способен горизонт планирования увеличивать больше, чем на год, на 3 – 5 лет, то вопросы по поводу инвестиций у него обязательно возникнут. И там просто гигантское поле именно по таким инвестициям. То есть, например, финансовую модель переработать с учетом отслеживания деградации порошка.

А помечтать?

— *Если бы сейчас открылась возможность официальной поставки какого-то зарубежного оборудования или технологии, какую бы вы предпочли?*

Гарегин Асланян:

— General Electric.

— *Что конкретно? Ваш любимый Concept Laser?*

Гарегин Асланян:

— Да всё! Мне очень нравится стратегия General Electric (далее – GE). У меня научный интерес к машинному обучению. GE начали развивать это направление еще в 2012 году, а в 2020 они на одной из конференций выступили с докладом о том, как они занимаются отработкой технологии.

А у нас до сих пор, когда начинаю объяснять инженерам, как работает машинное обучение, на меня смотрят, как на ведьму в 16 веке. Потому что как только мы математику усложняем до многомерных функций, то для инженера всё превращается в абракадабру. И когда я увидел, что GE в докладе используют точно такую же математику, к которой я стремлюсь, я понял, что двигаюсь в правильном направлении. Ведь GE не стали заниматься конечным элементом анализом, там используют гибридную систему, их алгоритм собственной разработки плюс байесовое программирование (формальная система и методология определения вероятностных моделей и решения задач, когда не вся необходимая информация является доступной. – Прим. ред.) для описания технологического процесса. Это та же виртуализация, или предиктивная система – называйте, как угодно. И они тогда уже предлагали это решение, встроенное в их систему Predix. И всё это в любом случае потребует использования аддитивного оборудования.

Сейчас на дворе 2024 год, и наверняка они продвинулись за эти четыре года гораздо дальше.

И, кстати, к вопросу об экономике бизнеса. GE восемь лет окупала свои инвестиции в машинное обучение, а потом, как явствует из отчета компании, получила на этом ежегодную экономию в 2 миллиарда долларов.

О «критерии троечника» и «выпавшем» R&D

— Ну, у отечественных аддитивщиков пока несколько иная реальность. В которой, к примеру, такие вроде бы обыденные вещи, как сертификация и паспортизация, оказались почти непреодолимым барьером на пути развития этой индустрии. Как здесь быть?

Гарегин Асланян:

— Для примера снова оттолкнусь от L-PBF/SLM. У этой технологии есть проблема lack of repeatability (Перевод с англ. – отсутствие повторяемости. – Прим. ред.) – то есть, сложности с воспроизводимостью. Это как раз подвязывается к больному вопросу о паспортизации в нашей сфере. Здесь уместно применить то, что я называю «критерием троечника». То есть, если у вас нет простой формулы, описывающей процесс, в которую вы вставите известные данные и получите известный ответ, значит, вы не знаете, что происходит, вы не понимаете этот процесс.

В аддитивке в России используется, как я его обычно называю, «репочесательный» механизм, поскольку для того, чтобы перебирать по одной величине данные друг за дружкой, не требуется даже высшего образования, можно девятиклассников подрядить на такую работу. Что у нас еще есть? Есть некие приближенные формулы расчета, есть конечный элементный анализ в том же самом Simufact Additive, либо в Ansys.

Он решает задачу, когда у вас все порошинки одинаковой формы, одинакового размера. И, конечно-элементный анализ от вас закрывает новые материалы и, скажем так, непостоянную природу порошка. Ну не будет у вас ни одной партии, где все частицы были бы одинаковой формы. И тогда всегда возникает ошибка. И какой тогда смысл тратить деньги на дорогостоящую лицензию этих самых Ansys или Simufact Additive, если все равно результаты расчета будут с ошибкой?

И вот мы, не понимая технологию, не овладев ей, пытаемся ее паспортизировать. Согласитесь, ситуация абсурдная. Ну, тут, кстати, опять же надежда на капитал, так как он понимает, что такое инвестиция, и готов к инвестированию. А также на то, что в конце концов мы сейчас немного отвлечемся от вопросов сертификации и поймем, что нам надо остановиться: сделать вдох, очистить голову и прежде всего углубиться в R&D, попробовать поизучать этот вопрос, посмотреть, что действительно технология из себя представляет. И насколько мы можем решать проблему lack of repeatability, способны ли мы ее решать вообще, как часто она у нас повторяется. И после этого уже подойти к вопросу о паспортизации, потому что он сводится к тому, кто именно на себя возьмет ответственность. Конструктор не хочет брать на себя ответственность, зачем ему кот в мешке? Технолог не хочет брать на себя ответственность по той же причине. Сборщик двигателей самолёта – тем более. Для меня здесь всё упирается всё-таки в технологию, в её разработчика. В человека, который говорит: да, я знаю, что это такое, я знаю, как оно работает, я под свою ответственность готов обеспечить такие-то качества на таких-то условиях.

Марина Данильченко:

— А я добавлю: действительно, в России наша отрасль на пути своего развития пропустила этап R&D. У лидеров отрасли был длительный и плодотворный этап исследований. А у нас его, как водится, проскочили. И сразу перешли к практическому применению технологии.

Но объективно через это не перескочить. И во многом по этой причине аддитивка у нас сейчас естественно заходит с того, что проще, – с изготовления оснастки, например. Или на тех элементах, в тех индустриях, где не требуется жесткая сертификация. Там она выстрелила довольно быстро: всё, что связано с оснасткой и с реверсивным инжинирингом, начинает активно, просто, как снежный ком, разрастаться. Это очень хорошо заметно.

Но одновременно с этим у нас начинает проседать рынок работников. То есть появляются инвестиции, закупается оборудование – наше ли, китайское или еще какое-то, – но у нас опять острая нехватка обученных специалистов для работы на нем. И при этом вузы, по-большому счету, не хотят готовить специалистов со знанием аддитивных технологий.

И всё-таки она развивается!

— И тем не менее, отечественная аддитивка, как у нас водится, больше вопреки, чем благодаря, всё же развивается. Как думаете, что может поддержать этот процесс?

Марина Данильченко:

— Мы много говорим об инженерном развитии, об инженерном образовании. И, как ни странно, средние школы, система среднего специального обра-



Рис. Гордость АО «ЦАТ» – многочисленные L-PBF-детали для ответственных применений

зования гораздо активнее в этом плане. Сейчас в школах много инженерных классов, а в колледжах есть целые классы, где студенты осваивают АТ на оборудовании, которое есть не у каждого аддитивного производства. А вот высшая школа к этому не готова. У нас есть магистратуры по аддитивным технологиям, есть факультеты, которые вузы создают самостоятельно, на базе различных направлений. Но отдельного сквозного специализированного курса по аддитивным технологиям никто не вводит. А это нужно уже делать, чтобы уже любой инженер, медицинский работник, да даже отраслевой экономист понимал, что такое АТ, как их можно применять в практической работе и как их развивать. То есть это не есть нечто обособленное, это прикладная часть той же классической традиционной индустрии. Понимание этого и надо прививать.

Гарегин Асланян:

У нас в отрасли пока явно не сформирован кластер прикладных ученых. То есть, у нас нет такого понятия, как researcher (с англ. – исследователь. – Прим. ред.), у нас человек с должностью исследователя может быть занят в испытательной лаборатории. А вот именно true researchers,

способных на исследование, которое работает по принципу инвестпроекта, у нас пока нет. На предприятиях имеются технические директора, директора по инновациям, коммерческие директора, CEO, CTO, CFO и т.д. А вот чтобы директор по исследованиям и разработкам – есть такие? Если и есть, то счет здесь на единицы. А это как раз стык денег и науки. Когда бизнес понимает, что вот сейчас он вкладывается в исследования, но это не выстрелит завтра, оно может выстрелить через 3 – 5 лет. Или даже вообще и не выстрелить. Но если оно выстреливает, то у бизнеса будет понимание, сколько денег это сэкономит, и как эта экономика будет работать.

И государство сейчас начинает стимулировать этот подход – через госпрограммы поддержки исследований, через гранты. Недаром так хорошо сейчас поднимаются ПИШ в вузах, они много делают в плане разработки и реализации практикоориентированных проектов для предприятий-индустриальных партнеров и не только. Так что поводы для осторожного оптимизма тоже есть.

Светлана Бакарджиева

Wohlers: глубоко, ёмко... и доступно! Часть 1. Мифы и заблуждения



clck.ru/3B449a

Многие годы к деятельности консалтингового агентства Wohlers Associates прикованы взгляды лидеров, стартапов в области аддитивных технологий, а также потребителей продукции, так или иначе связанной с 3D-печатью. Ежегодные отчёты этой компании, имеющей 29-летний опыт и охватывающей глобальные рынки, завоевали репутацию одного из самых важных и исчерпывающих ресурсов, анализирующих ключевые характеристики и тенденции рынка АП.

В исследовании «Wohlers Associates-2024» компания проанализировала данные от 113 поставщиков услуг, 115 производителей оборудования (промышленные и настольные принтеры, но стоимостью более 5000 \$), 17 поставщиков материалов (10 из них производят металлопорошки, 5 — полимеры, 2 — металлы и полимеры — это удивляет). Опросные листы заполнили 245 компаний со всего мира. И всё это для самого-то уважаемого агентства...

Есть ли в отчёте данные о российских компаниях? Я нашёл в нём целых трёх (сарказм) ведущих игроков российско-го аддитивного рынка:

- Росатом
- Total Z
- МГТУ СТАНКИН с научными работами по тематике АП: анализ твёрдости и износостойкостью сплава Vit-106 (L-PBF); покрытие молибденом, технологии L-DED (P), L-PBF, MEX; 3D-печать керамикой; и другими.

А где же остальные?

Попробуем авторски, конспективно изложить самые интересные факты и суждения, высказанные экспертами этого издания. Начнём с мифов и заблуждений, которые постоянно сопровождают любимое нами производственное направление, а закончим выборочной аналитикой и трудностями (во второй части).

Достоверно? Не факт!

«Аддитивное производство способно заменить традиционное»

Я часто слышу мнение (да что там, я и сам, порой, натываясь на очередное превосходство АП, начинаю так считать в отношении специфической продукции), что в будущем большинство изделий будет производиться с помощью 3D-печати. Что же, АП в какой-то степени может упростить процессы и даже упразднить многие из них, например, прессование, литьё, формовку, штамповку, экструзию, сварку... Но стоит отдать должное «классике» — она способна «разогнать» производство до тысяч деталей в час, да ещё за минимальную цену. А вот АП с натяжкой доберётся до десятков за тот же час, да

и запросит за это гораздо больше. Здесь стоит постоянно помнить, что аддитивка создана для производства сложных деталей, которые раньше изготовить было либо невозможно, либо очень долго и дорого. С другой стороны, смотрите на АП, как на дополнение к субтрактивному. Ещё один аргумент: создавайте продукты с новыми потребительскими свойствами, повторить которые традиционными технологиями не представится возможным. И, наконец, оперативный ремонт санкционных или сломанных деталей также возвысит возможности 3D-печати.



Рис. Корпус гитары, изготовленный методом 3D-печати, и детали, произведённые традиционным способом – все прекрасно живут вместе!

«Просто проектируйте сложное»

Специфика метода 3D-печати заключается в послойном синтезе. Если это принять и начать использовать при разработке продукции, то вам не останется ничего, кроме как уволить технолога. Дело в том, что производственная гибкость печати исходит от отсутствия границ при проектировании. Поэтому дизайнер или инженер могут создавать изделия такими, какими они видят их с эстетической или функциональной точки зрения. Всё остальное решит 3D-печать, «закрывая огрехи» удаляемыми впоследствии поддержками.



Рис. Металлический шлем Дарта Вейдера во время удаления поддержек (слева) и после термообработки и полировки (справа)

И вот вам самые что ни на есть производственные примеры. GE Aerospace агрегировали 100 деталей в одну, а затем успешно её напечатали. Тем самым они отказались от множества производственных процессов, инвентаризации, сборки, технического обслуживания, проверки и сертификации. В 2015 году компания Siemens Energy использовала АП для серийного ремонта горелок своих турбин, а в 2016 году упростила процесс сборки с обслуживанием только одной агрегированной детали.



Рис. Агрегированная и напечатанная турбинная горелка

Топологическая оптимизация позволяет сократить расход материала и уменьшить вес изделия. «Отвязанный» от стереотипов инженер способен спроектировать деталь невероятной формы с особыми характеристиками сопротивления, турбулентности и теплопередачи, которую можно напечатать, но нельзя отлить. Решетчатые и сетчатые структуры могут еще больше снизить вес и улучшить характеристики изделия.



Рис. Гироидный теплообменник

«АП по нажатию одной кнопки»

Многие считают, что АП – это всегда полностью автоматизированный процесс, запускаемый нажатием одной кнопки. Однако всё не так просто, хоть все компании и идут к этому. От инженера и оператора оборудования требуется определённый талант и умение, ведь нужно научиться проектировать под возможности АП, знать, где и как должны располагаться поддержки, какими должны быть отверстия, решит ли постобработка все вопросы, связанные с удалением поддержек, и многое другое.

Использование правильных параметров процесса способно радикально повлиять на внутреннее и внешнее качество изделия. А подбор материала – в корне изменить условия эксплуатации.



Рис. Металлические детали с минимальным количеством поддержек и максимально плотной компоновкой площади платформы

«Большинство принтеров похожи друг на друга»

И да, и нет. Все принтеры стремятся заполнить собой определённое офисное или производственное пространство. Зайдёте в такой цех, и вы увидите коробки разного размера с похожим принципом изготовления продукции в пределах одного семейства. Они похожи? Стоимость принтеров сегодня варьируется от \$200 до \$7 млн и более. И такие принтеры способны печатать широкий спектр изделий, начиная от нанометровых объектов из смол и заканчивая многоэтажными зданиями из геобетона, с «черепашьей» или «голубиной» скоростью. Добавим к этому сложность и стоимость источников энергии (головок, экструдеров, систем) – и вот мы в «парсеке» возможностей от настольного до гигантского принтера.

«АП не наносит вреда окружающей среде»

Экологичность АП должна учитывать весь жизненный цикл производимых деталей и включает в себя потребление энергии, воды, производство материалов, работу оборудования, постобработку, переработку и отходы. Также можно учитывать потенциальную экономию в ходе эксплуатации детали и её утилизации.

Энергоэффективность 3D-принтеров сложно оценить количественно из-за большого разнообразия способов их функционирования и множества факторов, влияющих на энергопотребление. В целом системы, где применяются обогреваемые камеры, требуют больше энергии. Системы, использующие лазеры, могут требовать от 30 ватт до 1 кВт энергии. Нужно питать электроэнергией моторы, гальванометры, головки, насосы...

Общее энергопотребление 3D-принтера может быть меньше, чем у ТПА или станка с ЧПУ. Однако время печати может быть значительно большим, чем необходимо для литья или фрезерования. Именно из-за длительного времени печати больших деталей некоторые принтеры могут быть менее энергоэффективными, чем классические станки и машины. А вот малые и среднеразмерные детали могут иметь большую эффективность в этом аспекте.

Также есть проблема с повторным использованием материалов. Например, какая-то часть порошков термопластов и МПК не может быть повторно переработана при необходимости соблюдения высокого качества печати. При использовании вспомогательных материалов и последующей механической обработки образуются отходы.

И, наконец, экологичность материалов. Сегодня в виде нити используется PLA — биоразлагаемый полимер, появляются порошки и нити PA11, изготовленные на 100% из возобновляемой клешивины, а не из нефтепродуктов.



Рис. Стойкие к химическому воздействию детали, изготовленные из PA11, полученного из клешивины, с армированием углеродным волокном

Экономия потребления топлива и выбросов углекислого газа при эксплуатации детали также может иметь

большое значение. Например, топологически оптимизированная деталь весит меньше, чем обычная, и в работе на автомобиле, самолете или ракете будет требоваться меньше топлива.

«Материалы – маловато будет»

В некоторых случаях это может оказаться не мифом, а правдой. Например, из 3500 инженерных материалов, зарегистрированных в базе данных Ansys Granta, только часть доступна для АП.

Значительная часть проектирования и конструирования связана с выбором материала на основе исторического использования. Инженеры обычно выбирают материал детали, основываясь на предыдущих разработках, выполненных с использованием традиционных методов производства. Ограничение в выборе альтернативных и незнакомых материалов — сдерживающий фактор для многих конструкторов. Возможная альтернатива: рассмотрение функций материала в сочетании с правильным проектированием для АП (DfAM). Однако это может потребовать дополнительного времени и испытаний для квалификации и согласования. В отраслях со строгим регламентированием, таких как аэрокосмическая промышленность и здравоохранение, дополнительные затраты времени и средств могут стать препятствием для использования материалов для печати.

Инвестиции в создание новых материалов могут оказаться неоправданными, если потенциальный объем потребления невелик. Поэтому многие производители в первую очередь отталкиваются от степени распространенности материалов для производства деталей в традиционной промышленности, оставляя за собой право на разработку новых при достаточном интересе со стороны заказчика.



Рис. Ракетное сопло из медного сплава GRCop-42, разработанного NASA для АП

«Напечатанные детали менее прочные, чем полученные традиционным способом»

В статьях и научных исследованиях раньше мы часто сталкивались с таким нарративом. Но так ли это? Полимерные детали по MEX технологии действительно анизотропны (сами по себе или при армировании стекло- или углеродным волокном), PelletMEX детали уже полностью соответствуют литым, SLS — также имеют высокий фактор изотропности. Что касается металлов, то здесь всё очень сильно зависит от техпроцесса и постобработки. По умолчанию металлические детали превосходят полученные литьём, но не дотягивают до качества поковки. В любом случае инженер вместе с материаловедом могут подобрать тот материал, который перекроет потребности в свойствах.

«В каждом доме появится 3D-принтер»

Некоторые считают, что 3D-принтеры со временем появятся во многих домах для производства всех видов продукции. В обозримом будущем это маловероятно. В большинстве современной инженерной продукции используются пластики, металлы и электроника. Возможно, в будущем высокотехнологичные системы обретут способность работать с комбинированными материалами. Однако они будут дорогими и потребуют специальной подготовки и опыта операторов. Даже самые простые настольные 3D-принтеры требуют навыков проектирования, работы с программным обеспечением и постоянного технического обслуживания, что не под силу большинству потребителей.

Простые и недорогие 3D-принтеры, ориентированные на хобби, со временем могут стать расхожим бытовым товаром, но будут поддерживать ограниченное количество материалов, размеров камер и разновидностей воспроизводимой продукции. Безопасность, ответственность и доступность печатаемых изделий также являются важными факторами. 3D-принтер, предназначенный для изготовления индивидуальных продуктов питания, например, шоколадных конфет — ещё один возможный вариант для домашнего использования в будущем.

Идея 3D-печати в домашних условиях в чём-то сродни работе дома на швейных машинках. Когда десятилетия назад они стали доступными и простыми в использовании, многие люди купили их. Сегодня, однако, мало кто сам шьёт на дому себе одежду, большинство предпочитает заказывать её в ателье или приобретать готовую в магазине.

Дмитрий Трубашевский

Wohlers: глубоко, ёмко... и доступно! Часть 2.

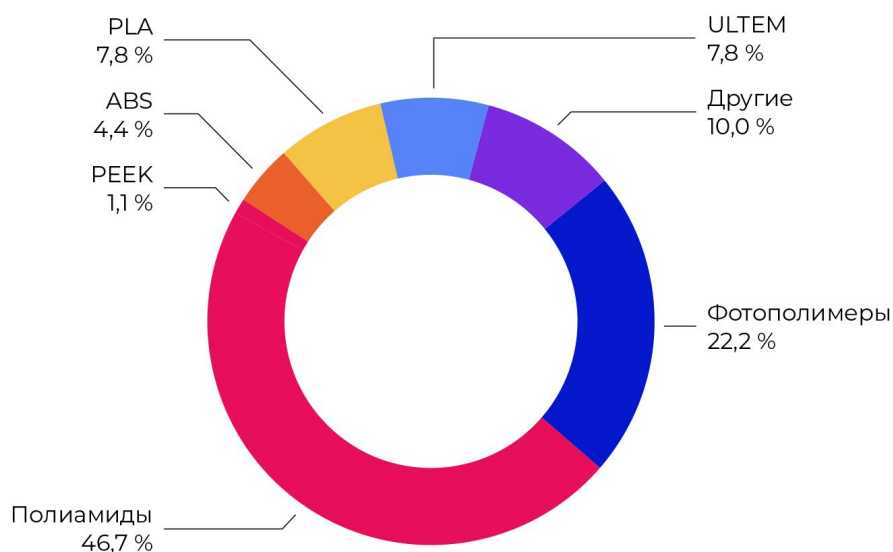
Аналитическая


clck.ru/3B4RMt

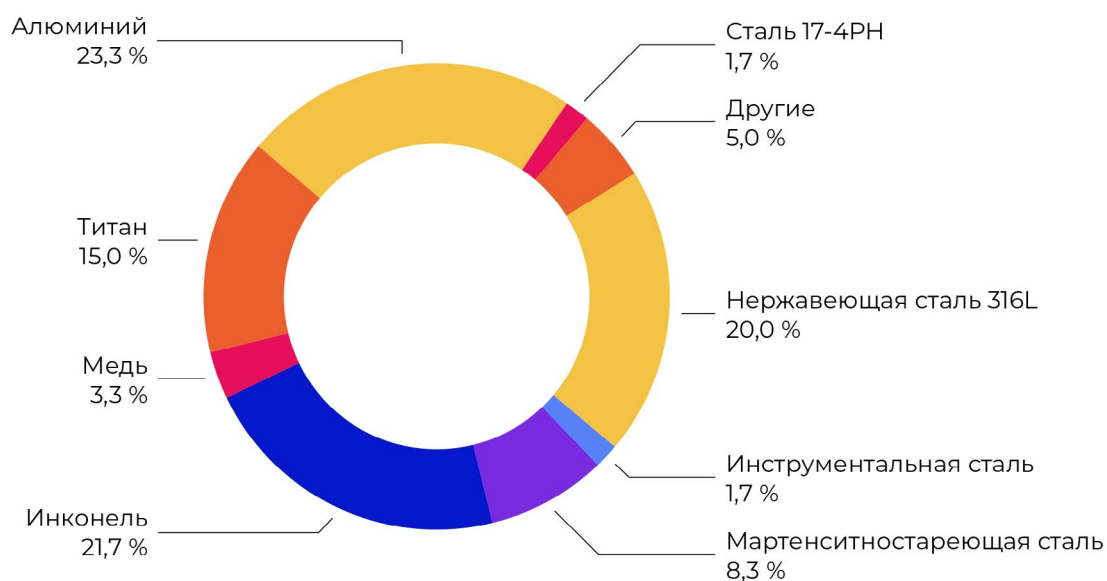
Время аналитики (блиц):

- ▶ В 2023 году компания Wohlers Associates отслеживала 328 производителей, которые изготавливали и продавали промышленные системы АП по всему миру. Это на 14,7% больше, чем в 2022 году. С 2012 года число производителей промышленных систем выросло более чем на 994%!
- ▶ В 2023 году общий объём продукции и услуг АП в мире вырос на 11,1% и составил \$20,04 млрд (рост в 2022 году составил 18,3% — до \$18,03 млрд).
- ▶ Среднегодовой темп роста мировых доходов от всех продуктов и услуг АП за последние 35 лет составил 25,2%. Среднегодовой рост за последние четыре года (2020–2023) составляет 14,1%. Отрасль по-прежнему обладает огромным нереализованным потенциалом.
- ▶ Общий объём продаж систем 3D-печати в 2023 году оценивается в \$3,67 млрд (не учитывается обслуживание, закупка запасных частей, обновление ПО). Это на 3,4% меньше, чем \$3,795 млрд за 2022 год. Продажи систем выросли на 11,0% в 2022 году, на 13,4% в 2021 году и на 1,0% в 2020 году.
- ▶ В 2023 году рост продаж металлических систем для АП составил 24,4%, что соответствует 3793 установкам, по сравнению с 3049 единицами в 2022 году.
- ▶ Объём услуг АП в 2023 году составил \$12,40 млрд, что на 15,5% больше, чем \$10,73 млрд в 2022 году. Рост этого сегмента рынка составил 19,1% в 2022 году, 20,9% в 2021 году и 9,2% в 2020 году.
- ▶ В 2023 году для АП доля металлических материалов составила 53%, а полимеров — 35% соответственно. Наибольший рост количества материалов для АП пришёлся на композиты — 16%. Полимеры представляют наибольший общий прирост новых продуктов — 177%. Сплавы на основе никеля, стали и титана составили 66% от общего количества используемых металлов и сплавов.
- ▶ На материалы в 2023 году было потрачено \$3,65 млрд. Это на 11,9% больше, чем \$3,26 млрд. в 2022 году.
- ▶ На историческом отрезке в 30 лет за последние три года отслеживания индустрии АП порошковые полимеры для SLS технологии обогнали фотополимерные смолы (SLS, LCD, DLP, MJ).
- ▶ В 2023 году на фотополимеры было потрачено \$729,67 млн, что на 6,6% больше, чем в 2022 году.
- ▶ Мировое потребление термопластичных полимеров для SLS и MJF увеличилось до \$1,38 млрд в 2023 году.
- ▶ Мировое потребление термопластичных нитей для MEX выросло на 9,0%, что составило \$747 млн в 2023 году.
- ▶ Доходы от продажи металлов выросли на 21,0% и составили \$717,2 млн в 2023 году по сравнению с \$592,5 млн в 2022 году.
- ▶ Самые прибыльные материалы

По результатам опросов респондентов полиамид является самым прибыльным полимером (46,7%).



Алюминий занимает первое место по интересу со стороны пользователей с долей 23,3%. Интерес к инконели увеличился с 16,7% в 2022 году до 21,7% в 2023 году. В то же время доля нержавеющей стали 316L снизилась с 22,9% до 20,2%. Доля титана снизилась с 16,7% до 15,0%.



Трудности

Очевидны сложности, которые испытывают потребители при организации рентабельного производства деталей с помощью аддитивных технологий. Их источниками могут быть стоимость оборудования, материалов, постобработки (трудозатраты на неё обычно составляют до 30% от общей стоимости деталей).

Важно обращать внимание на культуру проектирования деталей, учитывать все недостатки и преимущества выбранного метода АП. Например, с помощью методологии DfAM можно значительно улучшить характеристики изделия, снизить вес и количество материала.

В большинстве процессов АП получают анизотропные детали. Это означает, что прочность и другие свойства не одинаковы во всех направлениях.

Ограниченное количество доступных для АМ материалов по сравнению с традиционным производством является еще одним фактором, который необходимо учитывать дизайнерам и инженерам.

Системы АП не всегда производятся в соответствии с теми же стандартами качества, что и станки с ЧПУ. Заказчик может приобрести несколько систем АП одной модели, но при этом часто обнаруживает различия между ними. Это влияет на повторяемость, что приводит к неприемлемому качеству деталей. Сейчас ситуация несколько улучшилась, но проблема всё же остаётся актуальной после более чем 30 лет производства 3D-принтеров.

Процессы квалификации и сертификации, связанные с АП, требуют внимания и рассматриваются многими, как препятствия.

Уважаемый читатель, это лишь малая часть из того, что легендарные эксперты из Wohlers Associates каждый год создают в помощь развитию рынка АП. Хочешь получить свою полную копию исследования? Переходи по ссылке, скачивай, изучай и делай собственные выводы. Мы надеемся, что полученная информация сподвигнет тебя на более глубокое и комплексное понимание всех процессов, происходящих в аддитивных технологиях. Если тебе нужна помощь – обращайся, мы всегда рады помочь!



AM.TECH
Additive Manufacturing Technologies

Сделано в России – Российское ПО!
AMT-16 - подключил и работай!

Аддитивный комплекс для 3D-печати металлических изделий сложной формы в короткие сроки



+7 (495) 108 60 68
office@am.tech

am.tech



АП: всё больше спрос, всё меньше скепсис


clck.ru/3B5fCA

На круглом столе по проблемам развития высоких технологий, состоявшемся в рамках недавно прошедшей международной выставки «Металлообработка-2024», в выступлении генерального директора «НПО «3Д-Интеграция» Михаила Родина были приведены цифры и факты, заставившие удивлённо переглянуться его коллег-аддитивщиков. Он отметил, что в течение последних трёх лет общий объём российского рынка АП значительно вырос. С 2021 по 2022 год — на 33,9%, а с 2022 по 2023 год — на 60,1%. Общий объём рынка в 2023 году, согласно оценке, составил 15,5 млрд руб., что более чем в 2 раза превышает объём 2021 года.

Откуда такие данные, столь ощутимо расходящиеся с теми, что содержатся в известных профильных источниках? И на чём базируются подобные смелые оценки?

Кто ручается за точность?

Поясняем: эти цифры и факты, а также ещё множество других, как вполне предсказуемых, так и довольно неожиданных, получены в результате масштабного комплексного исследования российского рынка технологий аддитивного производства. Его проведение

инициировали и оказывали организационную, интеллектуальную и финансовую поддержку компании, входящие в Клуб аддитивных технологий (KAT). Это: 3DLAM — российский производитель аддитивных комплексов для промышленной 3D-печати металлами по технологии L-PBF/SLM, AM.TECH (ООО «НПО 3Д-Интеграция») — компания-разработчик, производитель и системный интегратор промышленных 3D-систем (аддитивные комплексы, метрология, геодезия), F2 Innovations — лидер промышленных решений в области крупногабаритных полимерных FFF и FGF технологий, IMPRINTA — передовой российский разработчик профессиональных решений в области аддитивных технологий, «РЭК» — лидер в производстве расходных материалов для 3D-печати и «ЦАТ» — общероссийский лидер комплексного производства на основе аддитивных технологий. Процессом руководили директор проекта, эксперт рынка аддитивных технологий Дмитрий Трубашевский и координатор аналитического блока исследования, аналитик индустриальных и технологических рынков, бизнес-консультант по стратегии и маркетингу Евгений Смокота.

Исследованием охватили всю индустрию АП, включая участников рынка, технологии, процессы и факторы, влияющие на её развитие. Его разделы посвящены технологиям и практикам АП с разбором конкретных кейсов и оценкой возможностей отечественных решений, экосистеме индустрии

аддитивных технологий в России, состоянию различных сегментов отечественного рынка АТ. Анализировалась структура рынка в разрезе отраслей применения, факторы, влияющие на его развитие, стратегии и цели развития российских компаний в сфере АТ. Исследователи оценивали российских производителей, импорт, потребление центрами 3D-печати и торговыми организациями, степень влияния факторов и рассчитывали показатели основного и альтернативных сценариев развития сферы АТ в России. Горизонт исследования: 2021 — 2027 годы.

Основными источниками информации для исследования стали данные финансовой отчётности игроков, извлечённые из сервиса СПАРК-Интерфакс и аналогичных, данные таможенных служб об импорте продукции аддитивных технологий на территории России за 2021 — 2023 гг. Однако объёмную и детальную картину было бы невозможно получить, не обратившись напрямую к самим

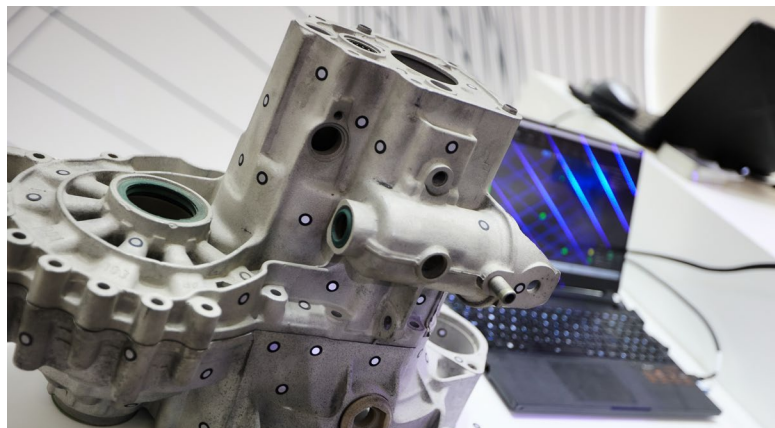


Рис. Процесс 3D-сканирования

участникам рынка. Исследователи разослали анкеты для опроса ведущим игрокам, представляющим различные сегменты экосистемы: производители 3D-принтеров для различных технологий печати, производителям различных типов материалов, центрам аддитивного производства и НИОКР, торговым организациям. Откликнулся 151 респондент. Также проводились интервью с экспертами в сфере АТ, которые поделились своим видением развития рынка, оценками его трендов и факторов влияния на него.



Рис. Михаил Родин делает доклад о проведённом исследовании на «Металлообработке-2024»

Импортозамещение как шанс и вызов

Итак, как явствует из материалов исследования, рынок АП у нас в стране активно растёт. Повторимся: общий объём рынка в 2023 году, согласно оценке, составил 15,5 млрд руб., что более чем в 2 раза превышает объём 2021 года. Крупнейший сегмент рынка — 3D-принтеры (6 853,9 млн рублей), рост в 2023 году составил 76%. Объём рынка материалов достиг 3 426,6 млн рублей, рост — 45,8%. Рынок услуг аддитивных центров вышел на уровень 2 797,3 млн рублей, рост в этом сегменте — 35%.

Когда речь заходит о ключевых драйверах роста отечественного рынка АП, обычно в первую очередь упоминают увеличение оборонного производства, для которого именно аддитивные технологии обеспечивают возможность оперативно производить на заводах или в полях сложные и уникальные изделия. Однако нельзя не признать, что в последние годы АТ становятся все более ценным инструментом для поддержания гибкости производств не только в ОПК, но и в широком спектре других отраслей. Увеличился спрос на продукцию 3D-печати, особенно на услуги реверс-инжиниринга, ещё и потому, что отечественные производители потеряли доступ к официальному сервису обслуживания от западных поставщиков. При этом относительно стабильный рубль, благоприятная денежно-кредитная политика ЦБ РФ, программы субсидирования промышленных предприятий и научно-образовательной сферы способствовали доступности аддитивного оборудования для потребителей и стимулировали спрос на принтеры и материалы в различных отраслях. Результат — распространение практик и

всё более умелое использование АТ в множестве отраслей — в авиационном двигателестроении и общем машиностроении, в литейном производстве, в медицине и стоматологии.

А курс на импортозамещение и технологический суверенитет страны стали для АП одновременно и шансом на качественный рывок, и вызовом. Ещё в 2022 году с российского рынка АП практически ушли ведущие западные бренды — EOS, 3D Systems, Concept Laser, SLM Solutions, и другие. Торговые компании в поисках альтернативы переориентировались в основном на поставки из Китая и прежде всего на продукцию тех марок, которые к тому моменту уже заявили о себе на российском рынке. В результате в 2023 году доминирующим зарубежным поставщиком стал Китай. Зарубежные поставки сократились в 2022 году на 18% в сравнении с 2021 годом. Однако после восстановления логистических цепочек и замены западных поставщиков на альтернативных, объём поставок импорта в 2023 году вырос на 72,7%, что оказалось выше темпов роста отечественных производителей в 2023 году (+64,7%).

Перестройка цепочек поставок с переориентацией в основном на Китай позволила российским потребителям обеспечить наличие комплектующих и сырья для производства в критически важный период 2022 — 2023 гг. А теперь набирает силу тенденция к локализации производства оборудования АТ в России, степень которой среди отечественных производителей варьируется от 10–20% до 70–80%.

Однако и отечественные производители оборудования и материалов для АП, воспользовавшись уходом

с рынка именитых западных конкурентов, заметно активизировались как в плане научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, так и в сфере выпуска конечной продукции. И если в 2021 году их доля на российском рынке составляла 54%, то в 2023 году достигла 70%. Укреплению позиций российских производителей поспособствовали и высокие требования и стандарты в ряде ведущих отраслей потребления аддитивных технологий, ставшие барьером для проникновения в ответственные области новых зарубежных поставщиков из Китая. Особенно позитивно это сказалось на сегментах технологий работы с металлами. Свою роль также сыграла государственная политика, направленная на стимулирование технологического суверенитета и поддержку отечественных производителей: субсидии, программы поддержки и приоритетное внимание Минпромторга РФ.

Исследователи также отметили рост конкурентоспособности частных отечественных компаний и их продукции в сфере АТ. Российские производители использовали возможности рынка, стали выводить на него новые модели оборудования. Компании-лидеры смогли показать кратные темпы роста и довести производство до серии. А ещё, наконец, обозначилась тенденция на снижение скепсиса потребителей по поводу возможностей и качественных характеристик отечественного оборудования. Всё больше владельцев и руководителей предприятий разных отраслей осознанно выбирают поддержку отечественного производства и импортозамещения и при этом убеждаются в правильности выбора.

Структура рынка: принтеры – в лидерах

Крупнейший сегмент рынка (44% рыночного объёма по итогам 2023 года) — 3D-принтеры. Продажи принтеров, работающих по технологии L-PBF, превысили 2,15 млрд рублей, что составляет 31,4% от общего объёма рынка в этом сегменте. Другая наиболее востребованная на российском рынке технология MEX/FFF вышла на уровень продаж в 1,5 млрд руб., показав рост на 72% и достигнув доли 22,6% от объёма рынка 3D-принтеров. Также к крупным сегментам на российском рынке 3D-принтеров можно отнести технологии L-DED (P), BJ и DED (W). Некоторые технологии продемонстрировали значительный рост. Так, технология Pellet MEX/FGF выделилась как одна из наиболее динамичных, показав увеличение продаж принтеров в 2,5 раза. Незначительно уступает ей по этому показателю технология BJ, продажи оборудования здесь увеличились в 2,2 раза.



Рис. Песчанополимерные BJ-изделия

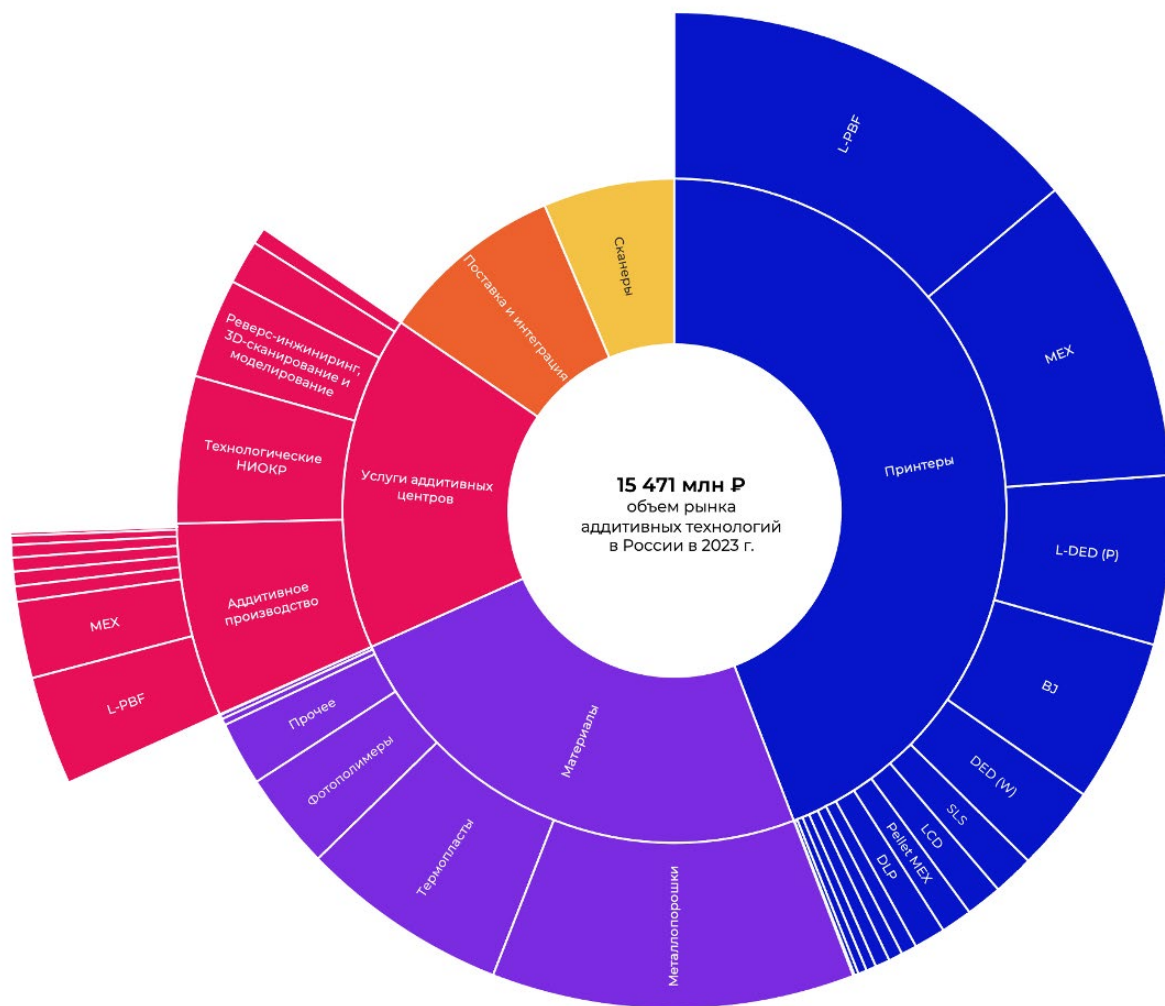


Рис. Структура рынка аддитивных технологий в России в 2023 г. по основным сегментам, млн руб.

На рынке материалов крупнейшим сегментом остаются металлопорошки, занимая около 53% рынка материалов и достигая 1,82 млрд руб. в денежном выражении. Лидером темпов роста в 2023 году на рынке материалов для 3D-печати стала группа термопластов, включая филаменты, гранулы, порошки, достигнув объема 1 млрд руб.

Объем доходов рынка услуг в 2023 году оценивается в 2,8 млрд руб. После значительного роста на 53,4% в 2022 году темпы роста здесь в 2023 году составили 34,9% и оказались ниже, чем у принтеров и материалов. Снижение темпов роста рынка услуг в 2023 году можно связать со стремлением предприятий-потребителей к оснащению собственных аддитивных производств, а также с достижением ведущими

аддитивными центрами предела загрузки производственных и кадровых ресурсов, в частности, при реализации сложных проектов печати металлами и в НИОКР.

Рынок 3D-сканеров оценивается в 995 млн руб. Сегмент показал значительный рост в 91% в 2023 году, который во многом был обеспечен китайскими поставщиками. Российские производители в 2023 году продемонстрировали 19-процентный рост производства.

Услуги поставки и интеграции оцениваются как добавленная стоимость к поставляемому импортному оборудованию и частично российским принтерам и материалам. Игроки в этом сегменте — торгово-дистрибьюторские и инженеринговые компании, обеспечивающие поставку, пусконаладку, обучение

и интеграцию в существующие процессы заказчиков. Объём услуг поставки и интеграции, согласно расчёту, составляет около 1,4 млрд руб.

АТ – там, где инновации

Чтобы проанализировать структуру отраслевого потребления, исследователи задали респондентам вопрос: «Какие отрасли рынка являются приоритетными для вашей компании в настоящий момент?» В опросе предлагалось выбрать максимум 4 отрасли из 17, что составляет около 23% от общего числа отраслей. Ограничение количества вариантов ответа позволило получить более чёткое представление о 20% наиболее приоритетных отраслях для бизнеса участников рынка.

Как показал опрос, в ТОП-5 крупнейших отраслей потребления АТ входят авиация и авиационное двигателестроение (2 557,4 млн руб.), ракетно-космическая сфера (1 769,7 млн руб.), поставки в центры аддитивного производства и технологий (1 240,2 млн руб.), общее машиностроение (1 232,1 млн руб.), вузы и НИИ (1 222 млн руб.). Немного не дотянуло до пятёрки лидеров литейное производство и металлургия. Объём рынка применения аддитивных технологий в литейной промышленности и металлургии в 2023 году оценивается в 1 121,9 млн руб. А вот производство БПЛА, хоть сегодня и на слуху, но пока далеко от лидерских позиций. Согласно результатам исследования «Центр стратегических разработок» (ЦСР), доля России в мировом рынке БАС крайне мала — 0,3% по количеству БАС. По стоимости доля России в мировом рынке БАС составляет 2% (9,5 млрд руб.) по итогам 2017 года. При этом ожидается, что

к 2025 году она составит 3%, а потенциал российского рынка БАС оценивается в 1 млрд долл. США. Аддитивщики, планируйте будущие поставки!

Сопоставление данных по объёмам рынка в денежном и количественном выражениях позволяют провести анализ распределения рынка в зависимости от показателей объёмов цены и массовости (серийности). Исследователи выделили несколько групп технологий в зависимости от областей применения. Промышленные и научные — наиболее производительные, передовые и дорогие технологии. Профессиональные — технологии, которые также применяются в промышленности и для изготовления различных изделий, используемых в индустрии, при этом они более доступны и находят более массовые применения. Потребительские и обучение — технологии, доступные по цене и широко используемые для потребительских приложений и в образовании. Развивающиеся — технологии, которые всё ещё находятся на ранних этапах развития или имеют нишевое применение.



Рис. Частый гость выставок — символ года — напечатанный дракон

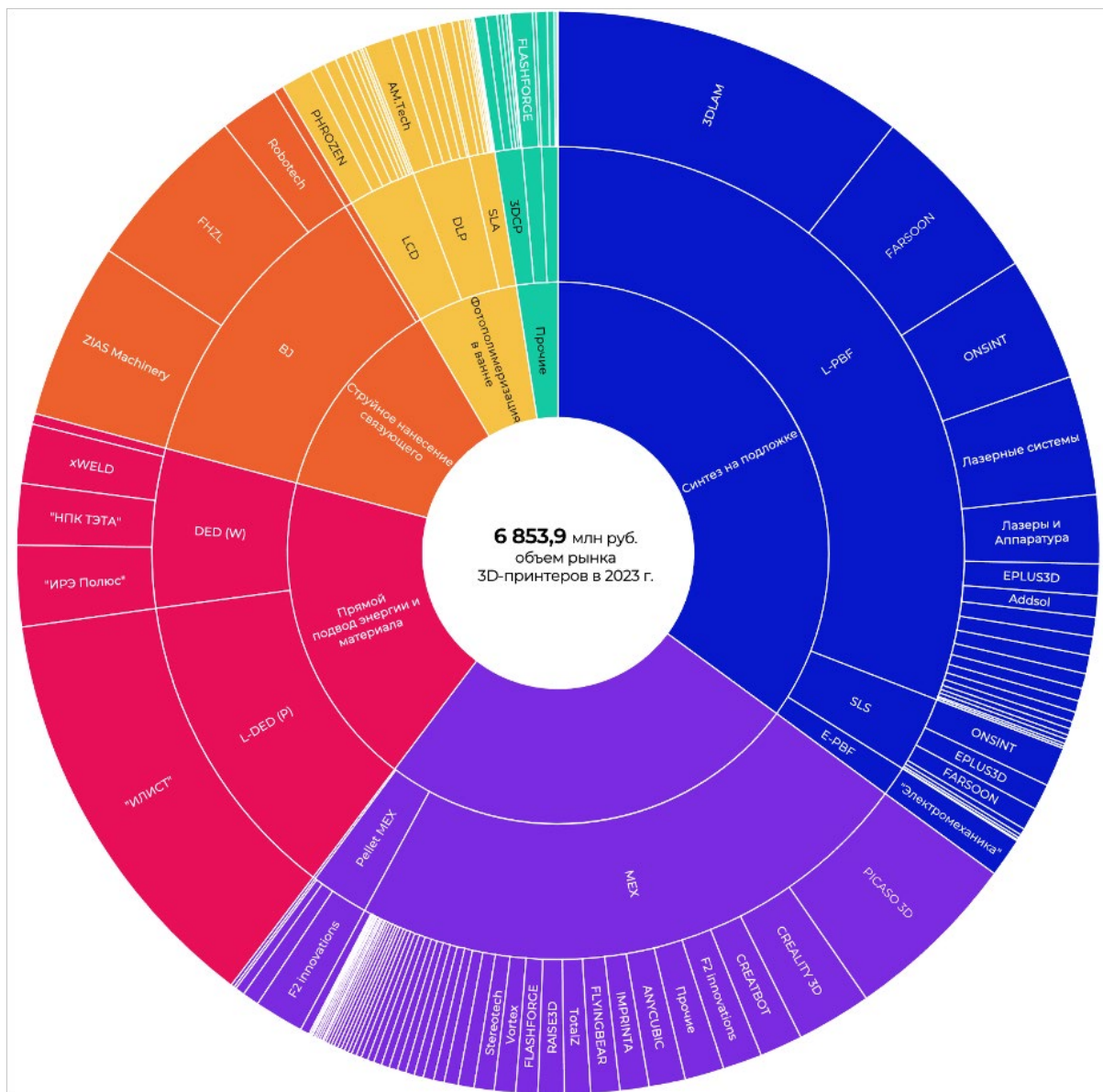


Рис. Структура сегмента 3D-принтеров в России в 2023 г. по технологическим семействам, технологиям и поставщикам, млн руб.

3D-принтеры: прибавления в семействах

В течение последних трёх лет российские производители 3D-принтеров смогли значительно нарастить свою долю — до 68% рынка, достигнув в 2023 году объёмов производства в 4,7 млрд руб. Наиболее сильны их позиции на сегодня в промышленных технологиях семейства прямого подвода энергии и материала (100% доля семейства), синтеза на подложке (69%), в сегментах профессионального, промышленного и высококачественного начального уровня семейства технологий экструзии мате-

риала (61%), а также струйного нанесения связующего (59%). В семействе фотополимерных технологий российские производители в 2023 году занимали всего около 15% рынка внутри семейства. После замедления роста сегмента 3D-принтеров в 2022 году из-за прекращения поставок дорогостоящих установок из ЕС и США в 2023 году объём сбыта 3D-принтеров на российском рынке вырос на 76% и достиг 6,85 млрд руб. Крупнейшими семействами технологий стали синтез на подложке, экструзия материала и прямой подвод энергии и материала.

В 2023 году структура рынка в разрезе семейств технологий характеризуется следующим образом:

Семейство технологий синтеза на подложке включает технологии L-PBF, E-PBF и SLS и является крупнейшим на российском рынке 3D-принтеров, занимая долю около 35%. Семейство технологий синтеза на подложке продемонстрировало наибольший рост в абсолютных показателях, увеличившись с 1 223,4 млн руб. в 2021 году до 2 438,4 млн руб. в 2023 году. В семействе представлены 29 производителей из России и зарубежных стран.

Сегодняшняя ниша семейства технологий экструзии материала — около 25% отечественного рынка принтеров, на котором с ним связаны не менее чем 73 производителя. Это наиболее массовый и фрагментированный сегмент, который представлен множеством китайских и российских брендов, он включает оборудование различного класса: от MEX/FFF принтеров по цене менее 10 тыс. руб. для хобби и прототипирования до профессиональных и промышленных моделей.

Семейство технологий прямого подвода энергии и материала — наиболее консолидированный сегмент, занимающий почти 20% рынка. Он представлен всего несколькими российскими производителями, изготавливающими штучные и дорогостоящие установки. Семейство продемонстрировало наибольший относительный рост в рассматриваемом горизонте, увеличившись с 428,2 млн руб. в 2021 году до 1 280,2 млн руб. в 2023 году.

На долю семейства струйного нанесения связующего сейчас приходится 12% рынка принтеров. Оно представлено двумя отечественными производителями

и одним китайским в технологии BJ, а также одним российским производителем в технологии MBJ. Сегмент показал значительный рост в 2023 году, достигнув объема 842 млн руб.

Семейство фотополимеризации в ванне, известное технологиями DLP, SLA и LCD, занимает 6% рынка и в значительной степени представлено многочисленными китайскими поставщиками. В него входит оборудование различного класса: от принтеров по цене менее от 200 \$ для хобби и прототипирования до профессиональных и промышленных моделей.

Прочие технологии, такие как MJ, технология строительной печати 3DCP и 3D-биопечать занимают ещё 3% рынка 3D-принтеров.

Исследователи также выявили, какие технологии предпочитают отечественные центры 3D-печати. Наиболее распространёнными технологиями, согласно опросу, стали MEX/FFF (их применяют 65% центров), L-PBF (35% центров), SLS (21% центров) и SLA (19% центров). При этом наиболее массово на рынке представлены установки технологии MEX (не менее 282 ед.), SLA (53 ед.) и L-PBF (38 ед.). Технология L-PBF, требующая оборудования профессионального и промышленного классов, обеспечивает наиболее крупный объём в денежном выражении.



Рис. Шар-баллоны для спутников, напечатанные из проволоки

Как росли рынки материалов и услуг

В 2021–2023 гг. значительно вырос рынок материалов для аддитивных технологий: начиная с 1,57 млрд руб. в 2021 году — до 2,35 млрд руб. в 2022 году и 3,43 млрд руб. в 2023 году.

По результатам оценки, рынок услуг в сфере аддитивных технологий в 2023 году составил 2,8 млрд руб., увеличившись на 35% по сравнению с 2022 годом.

Согласно опросу и экспертным оценкам, около 39% доходов центров аддитивного производства приходится на услуги АП, ещё 26,5% — на услуги технологических НИОКР (разработка изделий, оптимизация, исследования материалов и режимов производства, прочие исследовательские работы). На услуги реверс-инжиниринга и 3D-сканирования приходится 18%, на услуги производства традиционными методами (литьё, фрезерование и прочие) — ещё около 8%.



Рис. На стенде ZIAS Machinery

Перспективы рынка АП: три сценария

По мнению исследователей, прогнозируемый объём российского рынка аддитивных технологий к 2027 году может достичь 46 миллиардов рублей. Представленный прогноз основан на ожидаемых темпах роста предприятий индустрии и отражает желаемые цели бизнеса. Этот прогноз можно принять в качестве целевого. При этом исследователи, конечно, не забыли про овраги из известной поговорки. Под таковыми аддитивщики подразумевают множество факторов, способных оказать сдерживающее влияние на развитие российского рынка на период 2024 — 2026 гг. Это остро ощущаемый дефицит компетентных кадров в АТ-сфере, и особенно квалифицированных конструкторов. Этот дефицит приводит к проседанию российской аддитивки в сфере R&D, что, в свою очередь, препятствует быстрому решению проблем с принятием стандартов в области АТ. А вот фактор конкуренции с импортом может быть и стимулирующим развитие, но только лишь при условии ощутимой протекционистской политики государства, эффективного государственного стимулирования сбыта на внутреннем рынке.

В итоге исследователи, помимо целевого прогноза, предложили ещё два варианта сценария: компромиссный и негативный. Итак, целевой сценарий предполагает устойчивый среднегодовой темп роста рынка 31,5% CAGR до 46,2 млрд руб. к 2027 году. Компромиссный сценарий показывает более умеренный среднегодовой темп роста в 21,6% с достижением 34,7 млрд руб. к 2027 году. Негативный сценарий предусматривает наиболее сдержанный рост — 12,4% в среднем в год с объёмом рынка в 26,6 млрд руб. к 2027 году.

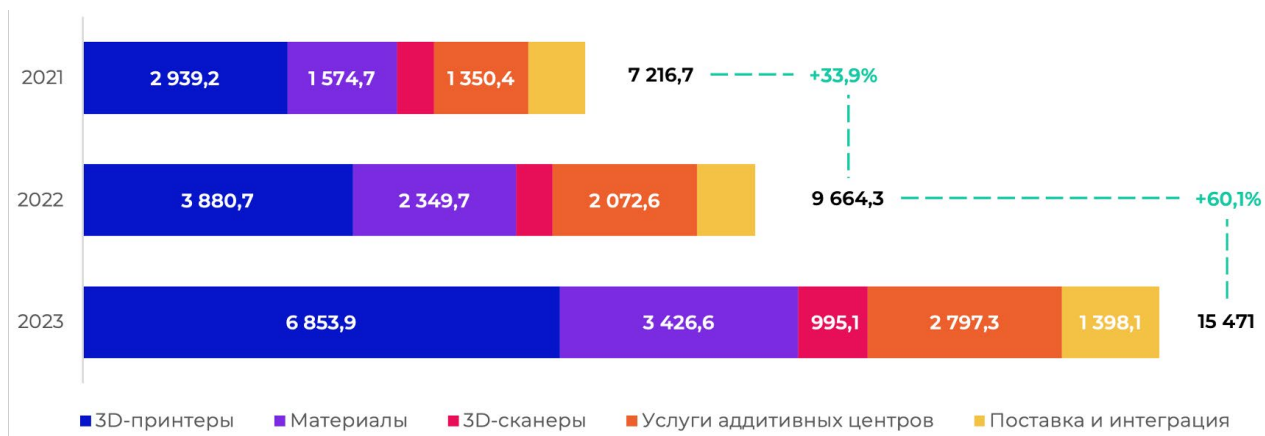


Рис. Объем и структура рынка аддитивных технологий в России в 2021-2023 гг.

Инструмент для принятия решений

Как подчёркивают авторы исследования, они ставили целью создание целостной картины современного состояния рынка аддитивных технологий, оценку его текущего состояния и перспектив будущего развития. Актуальность исследования определяется уникальными условиями, в которых сегодня развивается российская индустрия аддитивных технологий: интенсивный рост, геополитическое напряжение и стремление России к технологическому суверенитету.

Результаты исследования могут быть использованы для принятия стратегических решений как коммерческими организациями, заинтересованными в развитии аддитивных технологий, так и государственными структурами. Надо сказать, что именно на реакцию последних очень рассчитывают аддитивщики. На состоявшемся в рамках деловой программы выставки «Металлообработка-2024» круглом столе, посвящённом мерам государственной поддержки отечественного АП, руководители компаний много говорили о наболевшем. О том, что сфера АП несмотря на то, что она, по сути, является платформенной и чем дальше, тем больше необходимой

для множества ведущих высокотехнологичных отраслей, до сих пор не имеет статуса отдельной отрасли или направления индустрии. Об отсутствии единого образовательного стандарта для вузовской подготовки специалистов в этой сфере. Обсуждалось, что хорошо бы стимулировать внутренний спрос на отечественное оборудование и материалы для АП эффективными финансовыми инструментами и с помощью механизма льгот. Думается, подготовленное исследование, подтверждающее устойчивые перспективы развития отечественного АП, станет убедительным аргументом за принятие этих долгожданных решений.



Светлана Бакарджиева

Маневренные новички «подрезают» гигантов



clck.ru/3B5X3p

Не секрет, что АП растет уверенно, а вот лидеры в этой сфере не всегда столь же уверенно удерживают свои позиции. В ряды лидеров, оттесняя старожилов, вливаются новые компании, которые концентрируются на определенных технологиях или применениях и завоевывают рынки благодаря своим рентабельным решениям.

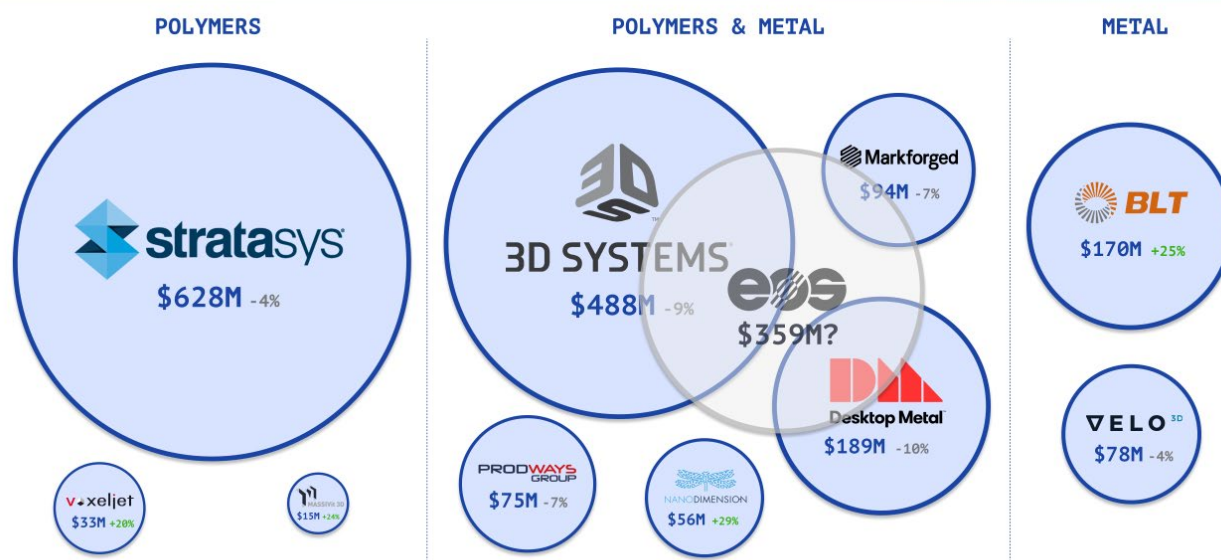
Предлагаем оценить инфографику доходности публичных мировых гигантов от двух новостных агентств:

- Aniwaa, отталкивающихся от показателя выручки,
- Fabbaloo, показывающих выручку и прибыль.

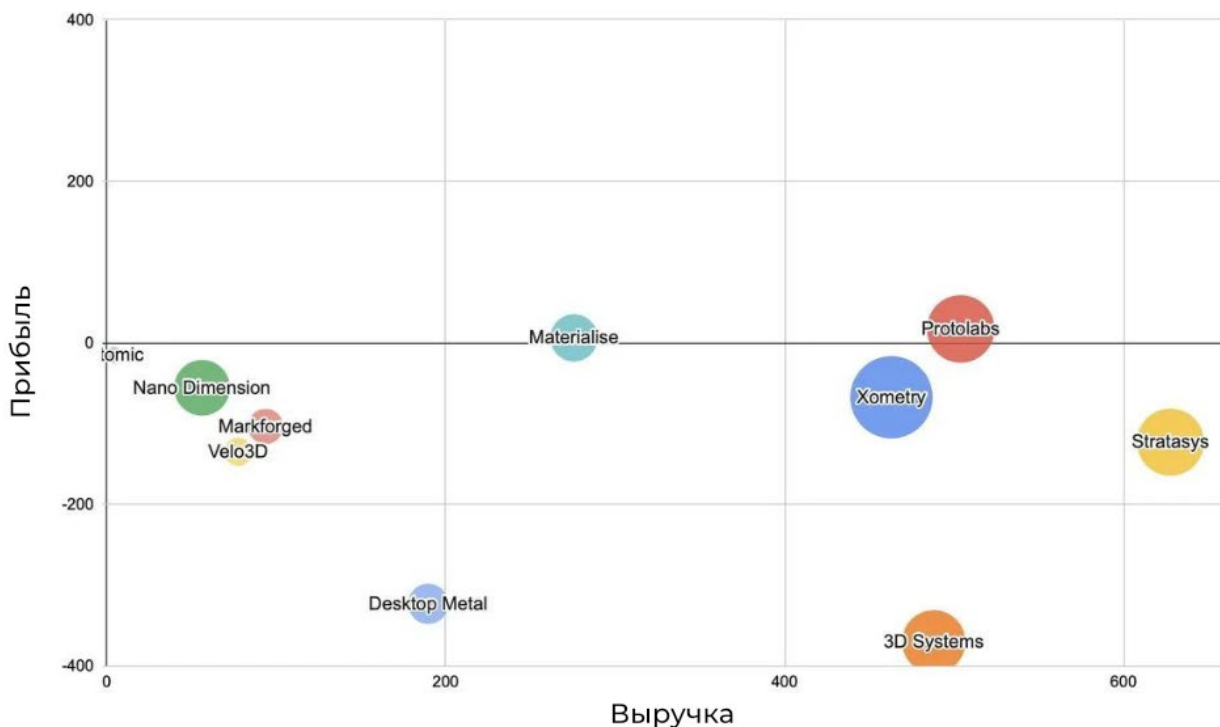
Fabbaloo подошли к этому вопросу более основательно, ведь выручка сама по себе еще не позволяет судить о том, насколько компания успешна и способна инвестировать получаемую прибыль в развитие своих проектов.

По параметру выручки в явных лидерах 4 компании: Protolabs и Xometry — АП, 3D Systems и Stratasys — производители оборудования для АП. У 3D Systems и Stratasys было много времени для обретения славы, но насколько они успешны сегодня (вопрос риторический)? Рост их выручки замедляется, потому что они сталкиваются с растущей конкуренцией во многих сегментах рынка, в которых они привыкли доминировать. Другими словами, будучи крупными, мощными, но неповоротливыми кораблями, им сложно быстро перестроиться и взять другой курс. Они вынуждены много инвестировать во все свои технологии и проекты,

Publicly traded AM hardware manufacturers Annual revenue 2023 (vs 2022)



Source: Manufacturer data, April 2024



стимулируя новые разработки. Причем у них есть проекты, которые до сих пор не выведены в коммерческое русло, а некоторые из их разработок или приобретенных компаний были закрыты.

Небольшие производители, напротив, концентрируются на конкретных и востребованных применениях, делая это лучше мировых лидеров и добиваясь показательных результатов: Voxeljet — в литье, Massivit — в крупногабаритной печати, Nano Dimension — в электронике.

Protolabs и Xometry — относительные новички на рынке, которые заработали состояние на услугах всего за несколько лет с прибылью, превышающей таковую у вышеперечисленных компаний.

Стоит обратить внимание, что почти все компании находятся ниже линии прибыли в 0 долларов. Например, Stratasys заработала \$627 млн, но потратила \$750 млн (развитие дилерской сети, инвестирование во внутренние проекты, поддержание линейки оборудования).

Protolabs заработала \$17 млн при выручке в \$504 млн, что составляет около 3% прибыли.

Китайский гигант BLT демонстрирует уверенный рост на 25% в год, достигнув годового дохода в \$170 млн. Мы наблюдаем становление нового лидера, способного потеснить вышеперечисленные компании, отправив некоторые из них на «скамейку запасных».

К сожалению, о финансовой активности многих других компаний, не являющихся публичными, судить сложно, например, о EOS, BigRep, Formlabs, Carbon, Prusa Research, HP, GE и других. Некоторые из них не концентрируются на АП, а развивают его лишь для решения достаточно специфических задач.

По всей видимости, многие инвесторы в прошлом году избегали компаний, занимающихся 3D-печатью, так как они, как правило, не особенно прибыльны в краткосрочной перспективе. Что же покажет 2024 год? Заслужить доверие инвесторов — непростая задача. Справимся с этим вызовом?

Источник вдохновения: Мартин Ланкард (Aniwaa) LinkedIn, Fabbaloo.

Дмитрий Трубашевский

Freeform: производственная лояльность



clck.ru/3B5XJm

Как обычно заведено у аддитивщиков на презентациях и совещаниях, посвященных использованию новых производственных методов: раскрепощайте мышление и создавайте изделия с неограниченными возможностями! Другими словами, руководство предприятий минимум дважды за такой «сеанс» получает «заманчивое» предложение, заставляющее пересмотреть привычный процесс, — это ж какой стресс! Да, использовать гибкость ПО и 3D-принтеров, использовать эти инструменты для производства продукции с новыми свойствами, попутно привлекая к себе внимание потребителей, — мечта любого собственника бизнеса и предприятия. Но что, если «ломаться через коленку» в данный момент предприятие не готово? Об одном из таких «лояльных» инструментов и пойдет речь в настоящей статье.

Как известно, аддитивное производство (АП) — это цифровой процесс, но это совершенно не означает, что для него достаточно лишь файла детали в цифре. Нэйт Хиггинс и Крис Айелло, возглавляющие американскую компанию

Freeform Technologies из Сент-Мэри, считают, что требуется нечто большее: соблюдение важных функций деталей, а также переосмысление их геометрии ради увеличения скорости производства или снижения стоимости.

На самом деле, говорят они, АП во многом подобно промышленному производству или должно быть таким. Почему? Все ради заказчика, который не готов к быстрым переменам. В Freeform понимают это. В основе их деятельности лежит контрактное производство изделий методом струйной печати связующим MBJ.

Нэйт Хиггинс убежден, что даже принимая во внимание возможности АП, не стоит уходить от основ организации производства с Kaizen, 5S и принципами Бережливого производства (lean manufacturing, lean production). На практике же Freeform попросту адаптирует свои АТ под традиционные методы производства предприятия. Например, в компании MBJ установки обслуживаются в соответствии с графиком профилактического технического осмотра, который компания разработала сама, опираясь на опыт применения графиков формовочных прессов.

Сегодня производственные мощности Freeform поражают своей масштабностью и вместе с этим... компактностью: шесть 3D-принтеров Desktop Metal, три ТПА для литья под давлением металла (MIM), восходящая звезда MoldJet от Tritone Technologies, а также еще 16 MBJ установок в дочернем предприятии в Питтсбурге.



Рис. Участок MIM 3D-печати

Ежедневно Freeform обслуживает от 10 до 12 активных заказчиков, для каждого из которых изготавливается широкая номенклатура деталей в количестве от 100 до 1000 шт/мес. Но что интересно: несмотря на то, что предприятие также осуществляет производство на основе MIM технологий для больших объемов работ, печи для спекания обычно заполняются именно напечатанными деталями.

По сравнению с большинством других процессов изготовления деталей, AP гораздо тише и требует меньших трудозатрат (за исключением, возможно, фильтрации и регенерации порошка — единственного потенциально трудоемкого этапа). Если не считать этих различий, с точки зрения ритма и повторяемости процесс производства в Freeform... ну, в общем-то, похож на традиционное серийное производство.

Как подготовить детали для MBJ?

Крис Айелло, являющийся вице-президентом по развитию бизнеса, вместе с Нэйтом Хиггинсом основали Freeform в 2020 году. До этого они вместе работали в MIM индустрии, но, очаровавшись MBJ, отдали свое внимание ей. Крис говорит, что они начали свой бизнес

с двух машин: Desktop Metal P1 и ExOne Innovent. Позднее уже переключились на модель Desktop Metal Shop System.

Также он считает, что почти каждую деталь можно оптимизировать по геометрии для снижения издержек, но в этом случае нужна грамотно выстроенная последовательность обсуждения и работ, а также доверие с двух сторон.

«Толщина стенок, радиусы, фаски — на эти геометрические параметры мы обращаем свое внимание в первую очередь», — говорит Крис. Струйная печать позволит изготовить деталь практически любой сложности, однако важные конструктивные изменения, о которых мы говорим, могут привести к более контролируемому и стабильным результатам при спекании, а это крайне важная часть всего процесса.

«Мы часто задаем вопрос нашему заказчику: какую из плоских поверхностей детали можно использовать для опоры в печи для спекания?» — поясняет Нэйт. Дело в том, что если деталь может опираться на собственную поверхность, то тогда для нее не потребуется дополнительно создавать ложементы. Это позволит сэкономить значительные средства.

Меньше компонентов деталей, больше разнообразия

Отрасли, которые в настоящее время обслуживает компания, включают в себя производство компонентов для нужд оборонной и медицинской промышленности, машиностроения, а также более узких рынков.

Например, сейчас в Freeform производится дульный тормоз огнестрельного оружия, геометрия которого была тщательным образом переосмыслена. Раньше эта деталь представляла собой узел, состоящий из дульного тормоза, трубки, колпака и гайки, сваренных вместе. Технология MBJ оказалась не дешевле производства каждой детали в отдельности, но она стала гораздо выгоднее при их агрегации в одну деталь.

Еще одним примером может служить хирургический расширитель, используемый для подготовки пациентов к имплантации тазобедренного сустава в вертлужной впадине. Он традиционно изготавливается методом штамповки в ограниченном количестве вариантов, но заказчик захотел рассмотреть ассортимент расширителей с шагом диаметра в 1 мм — это позволит лучшим образом адаптировать инструмент для

каждого пациента. Сложно себе представить, какое количество оснастки и ее стоимости потребовалось бы при традиционном штамповочном производстве. С технологией же MBJ планируется производить до 10 000 штук расширителей в год без оснастки, причем одновременно разных типоразмеров.

Аргументы в пользу меньшего объема камеры печати

В Freeform каждая из установок MBJ предназначена для работы с определенным типом металлического порошка. Причем оптимальным размером камеры построения в компании считают ее объем от 8 до 10 литров. Именно ритмичность печати каждого проекта, а не размер камеры считают в компании самым важным аспектом. Например, полный производственный цикл, осуществляемый с помощью Shop System, составляет 5 дней. Если же увеличить размер камеры принтера, то печатать можно больше деталей, однако в этом случае потребуется больше времени на выполнение заказа, и оперативность может пострадать.

Tritone — «цифровой MIM»

Со слов Криса Айелло, когда они только начинали, у них не было интереса к литью металлов под давлением, ведь там действует большая конкуренция. Тем не менее, традиционный MIM — это отличный процесс для серийного производства. Это стало очевидным почти сразу, когда один из самых первых проектов стал расти в геометрической прогрессии. Объем первого заказа на деталь составлял всего пять штук. Затем после оптимизации конструкции поступил заказ на 50, а следующая оптимизация еще добавила интереса на 500 деталей. Продукт оказался невероятно



Рис. Дульный оружейный тормоз

успешным, и потребность в нем у клиентов вскоре выросла до 50 000 штук в месяц, а это слишком много для MBJ производственных мощностей Freeform. И вот команда Freeform уже предлагает литье под давлением в имеющиеся у них в распоряжении MIM автоматы.

Еще одну перспективу в компании связывают с технологией MoldJet израильской компании Tritone. По словам Хиггинса, этот процесс в некотором смысле является «цифровым MIM», поскольку многопозиционная карусельная машина работает путем 3D-печати в восковую форму, в которую в течение одного цикла наносится смесь порошкового металла и связующего. Преимуществом MoldJet также можно назвать полное отсутствие несвязанного порошка, являющегося потенциально опасным для человека, а также трудоемкого в удалении. Пока MoldJet осваивается в Freeform, и для нее были отобраны только три детали, изготовить которые с этой технологией оказалось проще всего.

Сегодня все реже в Freeform отказывают заказчикам даже несмотря на отсутствие возможности оптимизации изделий под АП. Расширение модельного парка принтеров и технологий (производственная лояльность) чаще стали приводить к заключению сделок.

Больше лет, чем недель: инвестиции Ryerson

Наибольшее расширение возможностей связано с приобретением предприятия по производству деталей ExOne. По словам руководителей компании, уверенность в стабильности — еще один основополагающий элемент успеха в производстве, хотя и не столь поддающийся количественной



Рис. Установка Tritone

оценке, как, скажем, Lean или Kaizen. В 2022 году инвестором Freeform стал дистрибьютор и переработчик металла Ryerson. На момент инвестирования у более крупной компании за плечами было больше лет работы, чем у Freeform — недель. Компания Ryerson, имеющая около 100 офисов и около 4000 сотрудников, была основана в 1842 году.

Вот такая история и показательный опыт для тех, кто увлечен технологиями. Сегодня мир испытывает нехватку подобного рода гибких производств, которые в унисон с цифровой оптимизацией позволяют оперативно выпускать продукцию высокого качества и неограниченной сложности. Производственные инструменты для этого уже есть в России, например, MBJ оборудование сегодня можно приобрести в компании AM.TECH. Если вы хотите походить на героев настоящей статьи — наберитесь решимости и сделайте шаг в мир инноваций!

Видео: <https://youtu.be/LnoziFaKNMs?si=YY5iQsjf26j7PT9u>.

Авторская адаптация:

<https://www.additivemanufacturing.media/articles/freeform-binder-jetting-does-not-change-the-basics-of-manufacturing>.

Светлана Бакарджиева

В BMW облегчили жизнь своим роботам



clck.ru/3B5Zxb

Напечатанные на 3D-принтере роботизированные захватные устройства BMW сокращают выбросы CO₂ и повышают эффективность

[BMW Group](#) использует аддитивное производство (АП) с тех незапамятных времен, когда его еще называли быстрым прототипированием. Однако последние достижения концерна превосходят почти всё, что мы видели в этом сегменте, включая не только его ранние разработки, но даже то, что делает большинство крупных производителей. Внедряя новые методы автоматизации в работу с полимерами, металлами и даже песком, автогигант продвигает эту технологию в массовое производство.

Однако не только усовершенствования в производстве деталей демонстрируют прямо-таки изощренное использование концерном 3D-печати. BMW также уникальным образом использует АП на сборочном конвейере. Последние инновации компании сосредоточены на разработке и использовании индивидуальных роботизированных захватов, напечатанных на 3D-принтере, которые улучшают производственные процессы на её заводах по всему миру.

«Растущее использование АП в производственной системе BMW Group имеет множество преимуществ. Например, это возможность быстро и экономично производить собственные вспомогательные приспособления и роботов-манипуляторов, которые мы можем в любое время индивидуально

адаптировать к конкретным требованиям, а также оптимизировать их вес. А чем меньше их вес, тем выше скорость работы производственной линии, короче время цикла и ниже затраты. Кроме того, в среднесрочной перспективе можно будет использовать роботов меньшего размера, что также снизит выбросы CO₂ и затраты», — говорит Йенс Эртель, руководитель подразделения аддитивного производства BMW.

В Центре лёгких конструкций и технологий (Lightweight Construction and Technology Centre) в Ландсхуте компания BMW использует комбинацию методов селективного лазерного спекания SLS и шнековой экструзии FGF для производства захватов, используемых при производстве крыш из полимера, армированного углеродным волокном, для модели M3. Вакуумные захваты и зажимы изготовлены по технологии SLS, а крупная оснастка для работы с крышей автомобиля – методом FGF.

Эти захваты весом около 120 килограммов на 20 процентов легче обычных и могут быть изготовлены всего за 22 часа. Такое снижение веса продлевает срок службы роботов и сокращает износ системы, а также интервалы технического обслуживания. При использовании переработанных материалов для процесса FGF выбросы CO₂, связанные с производством оснастки, по оценкам, снижаются на 60 процентов.

В прошлом году автокомпания представила новую конструкцию, которая была даже легче своего предшественника. Опираясь на топологическую

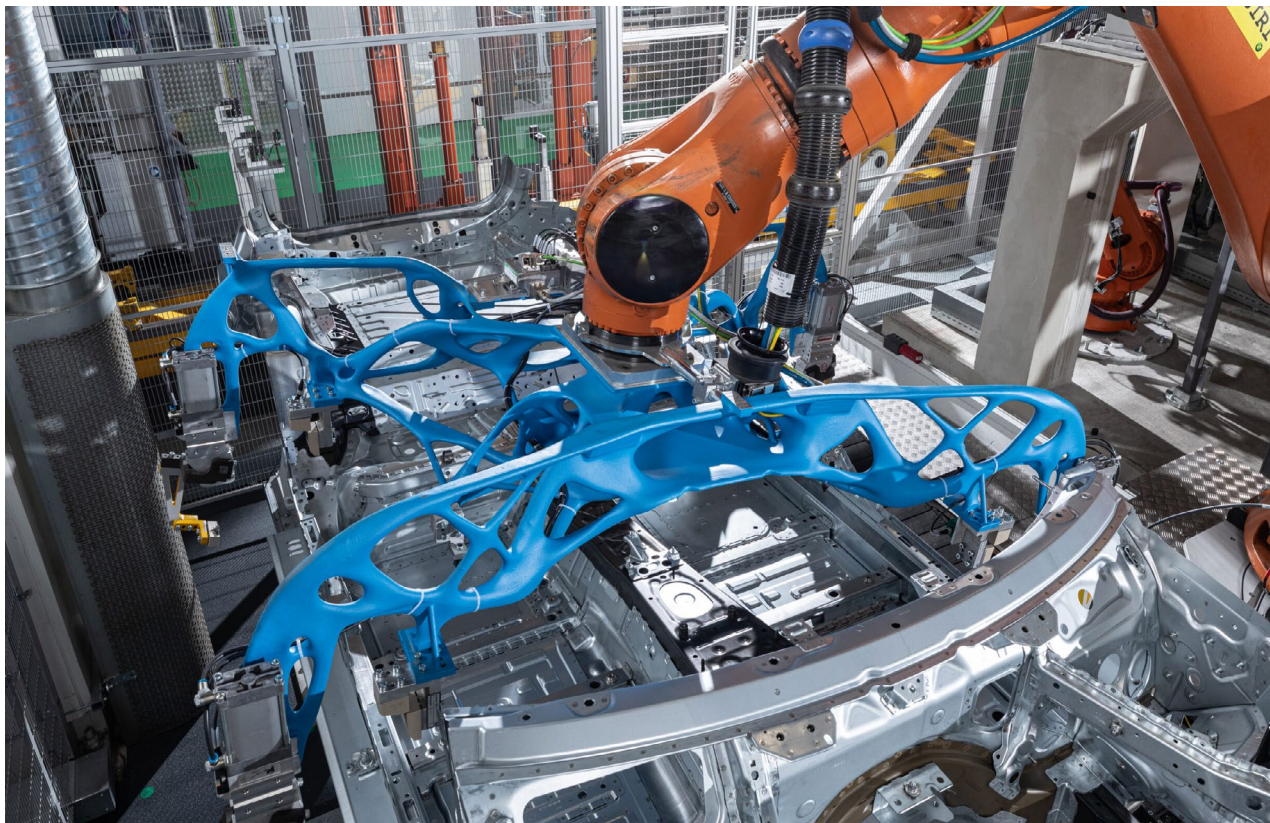


Рис. Напольный захват, отлитый в напечатанную песчаную форму

оптимизацию, компания напечатала на 3D-принтере песчаный сердечник, который затем отлили из алюминия, — та же технология используется для производства алюминиевых головок цилиндров для ее автомобилей. Благодаря этому процессу новый захват стал на 25 процентов легче аналога, выполненного методами SLS/FGF. Теперь BMW M3 можно производить с помощью одного, а не трех отдельных роботов.

Помимо производства крыш из углепластика, BMW применяет технологию FGF для изготовления захватов для 3D-печати дверей на своем заводе в Регенсбурге:

«Благодаря оптимизированной несущей конструкции, изготовленной с помощью 3D-печати, мы смогли повысить жёсткость захвата при работе с дверными элементами на заводе в Регенсбурге, одновременно снизив вес. В последующих проектах можно будет использовать роботов с низкой несущей

способностью, что поможет сократить расходы», — рассказал Флориан Рибель, руководитель направления производства дверей и створок.

Учитывая усовершенствования, внесенные в её захваты для крыш, компания изучает возможность использования 3D-печати песком для создания инструментов для пола автомобилей. На заводе в Мюнхене эти захваты были отлиты из алюминия в песчаных формах, что позволило снизить вес на 30 процентов, и довести его до 110 килограммов. Новые захваты, по-прежнему способные справиться со всей сборкой пола BMW i4, позволяют использовать меньшие по размеру и более лёгкие подъемные роботы. Они потребляют меньше энергии и, следовательно, менее интенсивны по выбросам CO₂.

Маркус Леманн, руководитель отдела проектирования и робототехники завода BMW Group в Мюнхене, рассказал о достижениях: «На заводе в Мюнхене мы

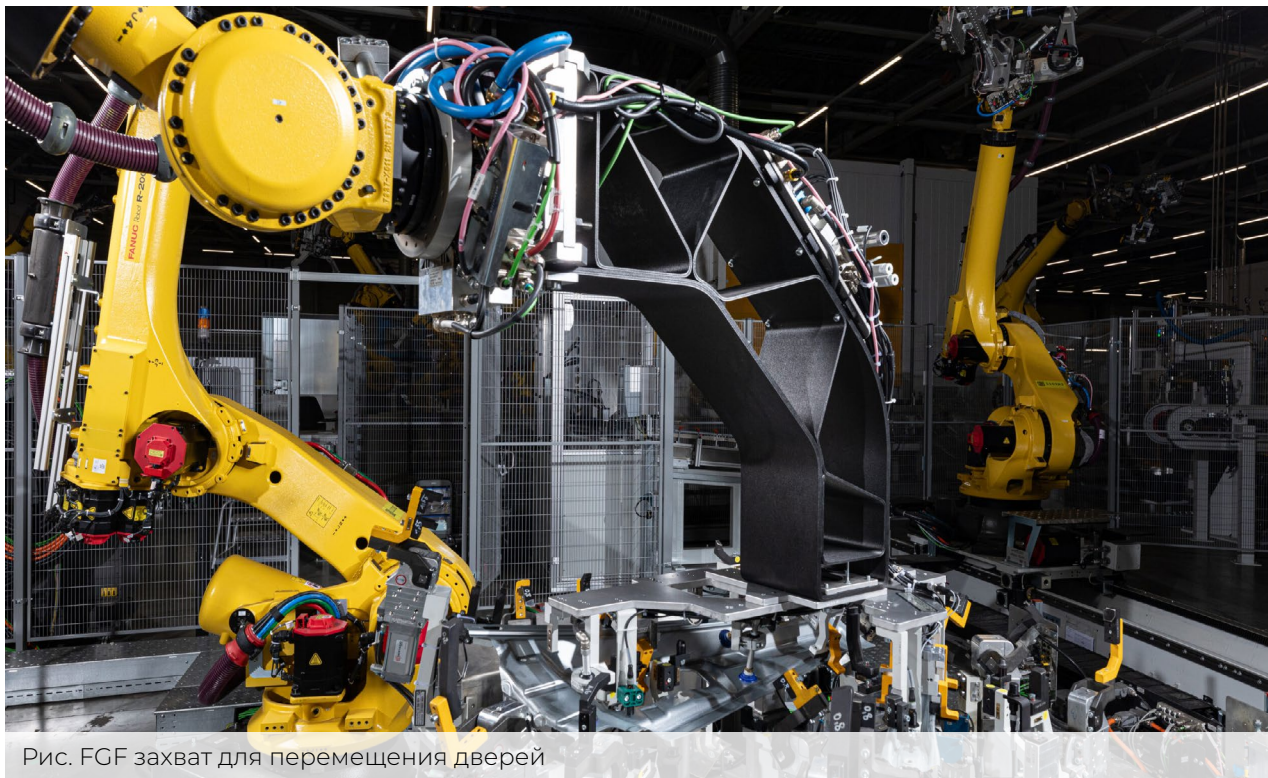


Рис. FGF захват для перемещения дверей

постоянно расширяем использование вспомогательных средств производства, созданных с помощью АП. Что касается захватов и систем перемещения, мы используем 3D-печать для оснащения наших известных захватов индивидуальными печатными приспособлениями и уже заменяем целые системы захватов высокоинтегрированными и оптимизированными по весу несущими конструкциями. При работе с полом BMW i4 в сборе это позволило нам снизить вес всего захвата на 30 процентов – на 50 кг – и тем самым продлить срок службы нашего оборудования».

Для проектирования этих деталей компания использует программное обеспечение Synera, позволяющее оптимизировать конструкцию. Теперь компания имеет возможность применять специальный технологический процесс, который выполняет расчет и конструирование несущей конструкции практически в автоматическом режиме.

Эта история началась в тот момент, когда автогигант начал переоснащение

своего завода в Мюнхене, где уже предполагалось повсеместное использование АП. Во многих отношениях BMW реализует многие идеи, которые энтузиасты АП вынашивали в течение многих лет — не только 3D-печать конечных деталей для своих автомобилей, но и внедрение этой технологии во все производственные операции. В свою очередь, не только автомобили, которые он выпускает, будут более эффективными, но и их производство. Ситуация станет только интереснее, когда BMW начнет применять АП на всех своих заводах, где могут появиться еще более захватывающие возможности для повышения общей энергоэффективности предприятия — вот такая получилась показательная производственная модель, которую можно и нужно переносить и на другие предприятия и отрасли.

Источник: <https://3dprint.com/309861/bmws-3d-printed-robot-grippers-cut-co2-improve-efficiency/>

Светлана Бакарджиева

Новые тренды в цифровом производстве и аддитивный след



clck.ru/3B5an2

В то время, когда инновации стали необходимым условием успеха, сфера производства продукции превратилась в благодатную почву для адаптации к изменениям рынка: изо дня в день её трансформация высвечивает появление всё новых тенденций, которые полностью меняют производственный ландшафт.

Начиная с появления микрозаводов и заканчивая внедрением новаторских моделей, таких как «Фабрика как услуга» (FaaS) или «Производство как услуга» (MaaS), а также с внедрением облачных решений и решений по запросу, парадигма проектирования и эксплуатации производственного предприятия пересматривается.

В этой статье, подготовленной в сотрудничестве с Advanced Factories, мы расскажем о передовых инновациях и тенденциях, которые коренным образом меняют обрабатывающую промышленность и формируют цифровые фабрики будущего.

Микрозаводы

На переднем крае инноваций в производстве находится зарождающаяся тенденция создания микрозаводов, которая революционизирует подход компаний к производству персонали-

зированных мелкосерийных товаров. Эти микрозаводы представляют собой высокоавтоматизированные системы, позволяющие компаниям применять разнообразные решения для небольших объемов продуктов, удовлетворяя широкий спектр весьма специфических требований.

Яркий пример этой тенденции – стартап Luvly по производству микроавтомобилей, который использует микрозаводы для облегчения производства под заказ. Благодаря этой стратегии компания может быстро адаптироваться к предпочтениям рынка, эффективно и прибыльно производя автомобили по индивидуальному заказу.

В этом тренде находится и компания Molg, создавшая несколько микрозаводов замкнутого цикла по производству электронных изделий. Используя такие технологии, как искусственный интеллект и робототехника, Molg смогла внедрить автономный процесс сборки и разборки, что позволило оптимизировать эффективность и экологичность производства.



Рис. Микроавтомобиль Luvly

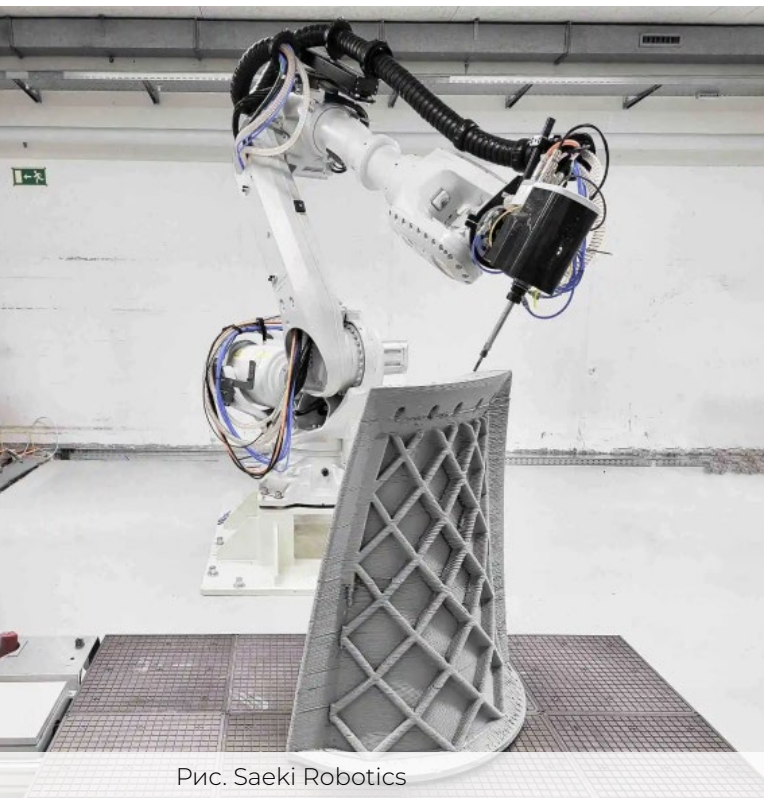


Рис. Saeki Robotics

На новый уровень выводит микропроизводство компания Saeki Robotics, сочетая 3d-печать с использованием роботов как услуги (RaaS), чтобы предложить полностью автоматизированное производство по запросу. Роботизированное цифровое производство Saeki (RDM) позволяет быстро производить крупногабаритные компоненты для различных отраслей промышленности, включая строительство, автомобилестроение, аэрокосмическую промышленность и энергетику.

Фабрика как услуга (FaaS) и производство как услуга (MaaS)

Тенденции FaaS (Factory-as-a-Service) и MaaS (Manufacturing-as-a-Service) набирают все большую популярность в отрасли, предлагая компаниям гибкую и эффективную альтернативу для удовлетворения их производственных потребностей. Этот подход заключается в передаче производственных процессов на аутсорсинг

специализированным третьим сторонам, что позволяет компаниям сосредоточиться на своих ключевых компетенциях, одновременно делегируя производство определенным стратегическим партнерам.

Одной из ведущих компаний в этой области является Combi Works, предлагающая полный спектр аутсорсинговых услуг для различных отраслей. Эта компания берёт на себя производство широкого спектра компонентов и агрегатов, предоставляя своим клиентам гибкость, необходимую для адаптации к колебаниям спроса и требованиям рынка.

Бельгийский стартап Screvle также революционизирует производство интеллектуальной электроники, разработав инновационную платформу, сочетающую в себе аппаратное и программное обеспечение. Она позволяет компаниям по индивидуальному заказу передавать производство электронных продуктов на аутсорсинг, оптимизируя тем самым производственные процессы и снижая связанные с этим затраты.

В фармацевтической отрасли компания Argonaut занимает лидирующие позиции в MaaS, предлагая комплексные услуги по производству лекарственных препаратов. Компания специализируется на разработке рецептур, изготовлении и фасовке фармацевтических продуктов, а также может руководить процессами контроля качества при разработке лекарств. Производство Argonaut отличается минимизацией потерь лекарственных веществ, снижением риска попадания загрязняющих частиц и предложением гибких вариантов упаковки для различных размеров флаконов и диапазонов дозировок.

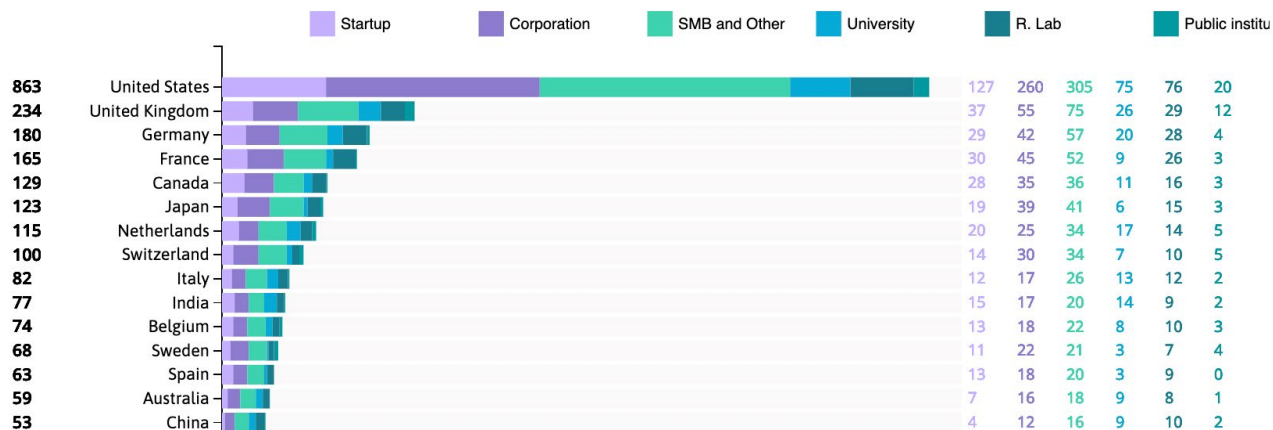


Рис. Страны, реализующие проекты микрофабрик

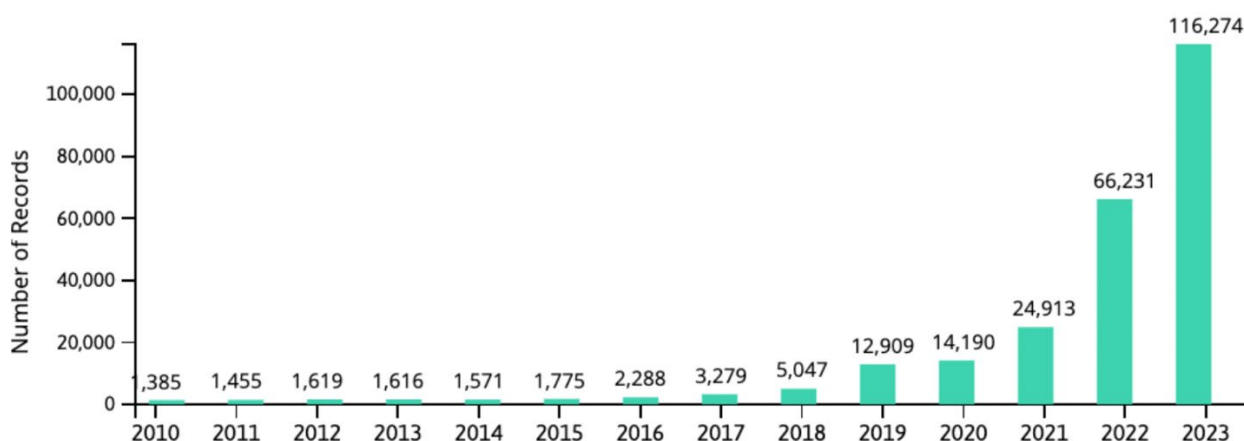


Рис. Количество записей о FaaS и MaaS в год

Облачное производство по запросу

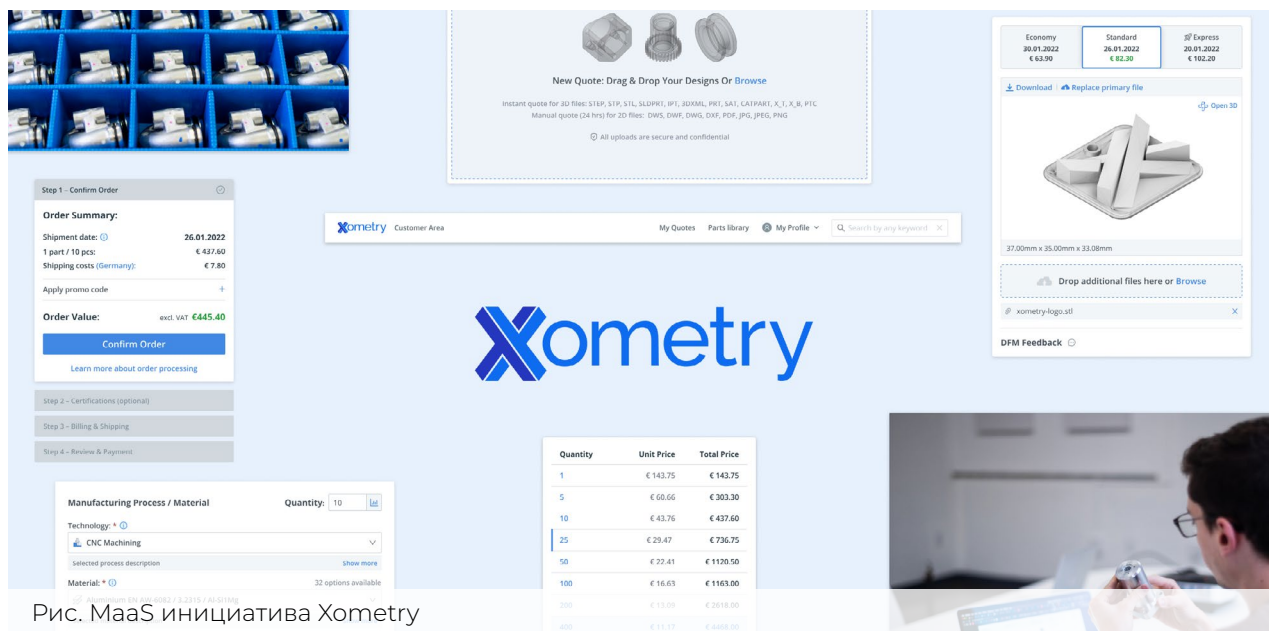
Производство по запросу позиционирует себя как глобальная стратегия, радикально меняющая ландшафт современного производства, переводя его в цифровой мир. Этот новый подход, известный как облачное производство (CMfg), был разработан на основе передовых производственных моделей, таких как системы обработки приложений (ASP), аддитивное производство (AM), номадическое (кочующее) производство (NM) и производственные сети (MGrid), использующих бизнес-информационные технологии и облачные вычисления.

Один из лидеров здесь – компания Xometry, которая предоставляет платформы для распределенного производства по запросу, предлагая услуги

быстрого производства с использованием таких технологий, как ЧПУ, изготовление листового металла, 3D-печать, селективное лазерное спекание или литьё под давлением. В том же русле движется компания Fractory, предлагающая облачную платформу для распределенного производства в металлургической промышленности. Fractory позволяет своим пользователям загружать CAD-файлы для получения смет на производство материалов, предлагая такие решения, как лазерная резка, плазменная, гидроабразивная резка, сварка и другие.



Рис. Производственные услуги в Argonaut



Наконец, голландская компания Batchforce также выделяется своей онлайн-платформой, которая объединяет производителей с глобальной сетью децентрализованных станков с ЧПУ для производства по запросу. Эта инновационная платформа способствует гибкому производству, устраняя географические барьеры и предоставляя пользователям широкий спектр производственных возможностей.

Короче говоря, этот набор инновационных тенденций в настоящее время задает тон в обрабатывающей промышленности, предлагая решения, повышающие эффективность, индивидуализацию и адаптивность на постоянно развивающемся рынке. Способность адаптироваться и следовать этим новым трендам будет иметь решающее

значение для того, чтобы компании оставались конкурентоспособными и востребованными в нынешней и будущей бизнес-среде.

Аддитивное производство по запросу

Наконец, аддитивное производство по запросу стало одной из наиболее заметных тенденций сегодняшнего дня, в результате чего появляется все больше нишевых сфер их применения. Например, 3D-печать из нескольких материалов позволяет создавать объекты с различными свойствами в контуре одной и той же напечатанной детали, что значительно расширяет возможности конструирования. Достижения в области 3D-печати позволяют создавать ткани и органы человека даже для

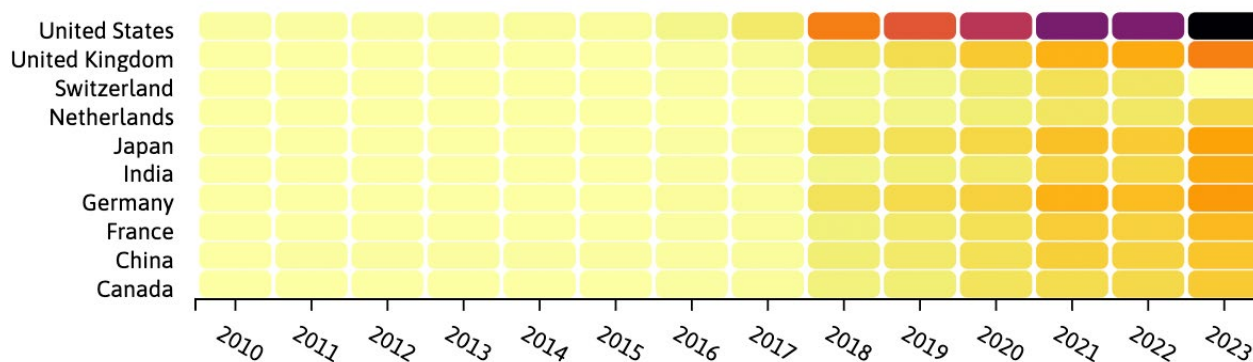


Рис. Записи об облачном производстве по требованию по странам и годам

медицинских целей, что является революционным шагом в области регенеративной медицины. Эти достижения быстро меняют наши представления о разработке и производстве продукции, открывая целый мир возможностей как в промышленности, так и в медицине.

Компания Trimech, разрабатывающая такого рода технологии, является лидером в области инженерных решений и предлагает онлайн-решения для 3D-печати и производства по запросу. Уделяя особое внимание инновациям и усовершенствованиям, Trimech предлагает различные решения, включая автоматизированное проектирование (CAD), автоматизированное производство (CAM), автоматизированную разработку (CAE) и базовые услуги печати.

В том же духе действует Fictiv, ведущая цифровая производственная платформа, предлагающая инновационные решения для компаний любого размера. Благодаря гибкому и эффективному подходу компания позволяет своим клиентам быстро и с минимальными затратами выводить свою продукцию

на рынок, предлагая широкий спектр услуг, включая быстрое прототипирование, производство с ЧПУ и услуги 3D-печати.

Наконец, Hubs – еще одна компания, которая полностью меняет индустрию, предлагая себя в качестве поставщика услуг промышленной 3D-печати по запросу. Ее портфель услуг включает в себя механическую обработку с ЧПУ, 3D-печать, изготовление деталей из листового металла и литье под давлением.

Резюмируя, еще раз подчеркнем: инновационные тенденции, о которых мы здесь рассказали, радикально трансформируют обрабатывающую промышленность, предлагая решения, повышающие эффективность, индивидуализацию и адаптивность в условиях постоянно развивающегося рынка. И в их дальнейшем продвижении немалая роль отводится 3D-печати. Аддитивщики, делайте выводы!

Источник: <https://blog.linknovate.com/new-trends-in-digital-manufacturing/>

Светлана Бакарджиева



Рис. Цех с оборудованием Fictiv

Друзья!

МЫ ИЩЕМ ТАЛАНТЫ И ФОРМИРУЕМ КРУГ СОРАТНИКОВ!

Станьте блогером-профи на INDUSTRY3D,
делитесь открытиями и размышлениями,
расскажите миру о своих успехах в сфере
аддитивного производства, 3D-сканирования,
разработки оборудования, ПО, новых материалов.

Если
не знаете, — *обращайтесь к нам, мы всегда рады помочь.*
с чего начать

! Наиболее активные авторы получают от нас особое внимание
и помощь в продвижении их проектов.

главный редактор: Дмитрий Трубашевский,
моб.: +7 (916) 950-21-89,
e-mail: chief_editor@industry3d.ru;