

# 3D-ПРИНТЕРЫ КОМПАНИИ voxeljet: как стартап становится бизнесом

Текст: **Илья Шахнович**

”

Статьи, посвященные прорывным технологиям — это почти всегда синтетический жанр. Синтетический в том смысле, что невозможно разделить историю становления компании, особенности ее бизнес-стратегии, технологии и конкретную продукцию. В области высоких, инновационных технологий все это слито воедино — идеи рождают продукт, первые успешные продажи привлекают инвесторов и дают средства для развития, коммерческий успех приносит деньги на развитие новых идей и т. д. Поэтому рассказ о немецкой компании voxeljet невозможно свести только к описанию ее промышленных систем 3D-печати, безусловно, уникальных и очень интересных.

**И**нновационные технологии не ограничены одной предметной областью. Вот какое отношение имеют установки 3D-печати, причем изначально ориентированные на создание литейных форм, к электронной индустрии? Однако действительно инновационные технологии открывают совершенно новые возможности в самых разных направлениях, позволяют создавать новые продукты с революционными техническими и стоимостными характеристиками. Поэтому знать о таких технологиях специалистам в области электроники просто необходимо.

### **voxeljet: как рождаются стартапы**

В середине 1990-х годов прошлого столетия в Мюнхенском техническом университете группа профессора Йоахима Хайнцля (Joachim Heinzl) работала над проблемой создания промышленных 3D-принтеров. В этой группе трудились аспирант Инго Эдерер (Ingo Ederer), писавший свою докторскую диссертацию (PhD), и дипломник Райнер Хёшман (Rainer Höchsmann). Профессор Й. Хайнцль, вице-президент Мюнхенского технического университета, уже был к тому времени известным и очень разносторонним ученым, признанным специалистом в таких областях, как МЭМС, малошумящие азростатические подшипники, ультрапрецизионная обработка и лазерные измерения, а докторскую степень в 1970 году он получил в области электроакустики. Во второй половине 70-х Й. Хайнцль руководил подразделением центральной лаборатории компании Siemens, которое занималось разработкой принтеров (механических, в том числе матричных) и механических систем для накопителей информации на перфолентах и магнитных пленках. Для нас принципиально важно, что именно тогда Й. Хайнцль начал свои работы в области капле струйной печати на основе пьезоинжекции, завершившиеся в 1977 году созданием первого коммерческого струйного принтера Siemens PT 80i. Поэтому совершенно не случайно, что в 1995 году группа, возглавляемая профессором Й. Хайнцлем, достигла первых успешных результатов в области систем дозирования УФ-отверждаемых полимерных смол. Это была важная составляющая проекта создания 3D-принтеров для песчаных литейных форм. Уже в 1998 году в Мюнхенском техническом университете напечатали первую песчаную литейную форму, тогда же был получен первый патент на изобретение.

5 мая 1999 года И. Эдерер, Р. Хёшман и профессор Й. Хайнцль создали компанию Generis — предшественницу voxeljet. Тогда в ней было всего четверо сотрудников. Сначала компания базировалась в Мюнхенском техническом университете, затем переехала в соседний Аугсбург. В 2000 году молодая компания приняла участие в конкурсе бизнес-планов стартап-проектов

Германии и заняла четвертое место — среди 1261 конкурсанта со всей страны. Компания получила денежный приз и бесплатные годовые услуги по управленческому консалтингу от экспертов всемирно известной корпорации McKinsey & Company. Уже в 2002 году первые принтеры для песчаных литейных форм были проданы компаниям BMW и Daimler.

В следующем, 2003, году произошли очень важные события. С одной стороны, успех был столь очевиден, что компания получила сторонние инвестиции — от венчурного фонда Bayern Kapital и Фонда стартовых капиталов Аугсбурга (Startkapital Fonds Augsburg). Более того, к компании присоединился Рудольф Франц (Rudolf Franz) — профессиональный инвестор, основатель инвестиционной компании Franz Industriebeteiligungen. С другой стороны, в 2003 году произошел раздел Generis: компанию покинул Р. Хёшман, чтобы стать со-основателем фирмы-конкурента. А вместо Generis была официально создана фирма voxeljet technology. Управляющим директором voxeljet стал д-р. Инго Эдерер (с 2013 года — исполнительный директор), а ее главным операционным директором — Рудольф Франц (с 2013 года — финансовый директор). Тогда же в voxeljet появилось новое направление — оказание услуг по изготовлению 3D-моделей и форм из песка и пластика.

С тех пор началось динамичное развитие компании voxeljet. Успешно завершилась разработка технологии печати из пластикового материала — порошка полиметилметакрилата (PMMA). В 2005 году был продан первый крупноформатный принтер, позволявший работать с PMMA — VX800, через два года появилась новая модель VX500, а в 2011 году компания представила самый крупный 3D-принтер в отрасли — VX4000 (рабочая область 4 × 2 × 1 м) и продемонстрировала концепцию «непрерывной» 3D-печати. В 2010 году voxeljet сменила место дислокации и переехала в технопарк в Фридберг под Аугсбургом, в новый производственный комплекс площадью свыше 16 тыс. кв. м.

В 2013 году компания сделала новый шаг и стала открытым акционерным обществом (voxeljet AG), после чего успешно провела первичное размещение акций на Нью-йоркской фондовой бирже. В результате ее капитализация выросла на 64,5 млн долл. Повторная эмиссия акций в 2014 году принесла компании еще 41,4 млн долл. Тогда же под Детройтом (США) был открыт филиал и сервис-центр Voxeljet of America.

В 2014 году оборот компании voxeljet составил 16,163 млн евро, что на 38 % больше, чем в 2013 году. Причем выручка от продаж принтеров составила 9,057 млн евро, а услуги по изготовлению 3D-деталей были оказаны на 7,106 млн евро. А ведь и до этого обороты компании росли со среднегодовыми темпами на уровне 30 %. К концу 2013 года во всем мире было установлено 58 принтеров voxeljet, только в четвертом квартале 2014 года компания продала семь принтеров.



1 Принцип 3D-печати по технологии voxeljet

По прогнозу исполнительного директора voxeljet И. Эдерера, в 2015 году обороты компании составят от 23 до 24 млн евро. Согласитесь, что это очень немало для фирмы, стартовавшей 15 лет назад с четырех сотрудников. А сегодня в voxeljet работают 125 специалистов, и развитие компании продолжается. Так в чем особенности технологии voxeljet, позволившей ей добиться столь впечатляющих результатов?

### Технологии 3D-печати voxeljet

Как и во многих других технологиях 3D-печати детали формируются послойно. Проект в формате какой-либо стандартной системы проектирования (CAD) с помощью специального ПО расщепляется на слои заданной толщины. Эта информация передается в принтер, где начинается послойная печать.

Принципиальное отличие принтеров voxeljet — технология формирования слоев. Здесь используется склеивание порошков, а не спекание или печать жидкими полимерами как во многих традиционных 3D-принтерах. Суть метода — на ровную поверхность наносится тонкий слой порошкового материала. А затем, за второй проход, в нужные места дозируется клей, связывающий частицы порошка. Клей полимеризуется на воздухе — при комнатной температуре или посредством ИК-нагрева. Далее операция повторяется — снова ровный слой порошка и слой клея — и т. д., пока не будет сформирован весь объект. Затем несклеенные частицы порошка просто высыплются, его излишки сдуваются (например, сжатым воздухом), очищаются и используются повторно.

Замечательная особенность такого метода — разнообразие используемых материалов. Сейчас компания

применяет в основном мелкодисперсный кварцевый песок и полиметилметакрилаты (PMMA). Однако большое внимание уделяется разработке новых материалов, таких как литейные смеси на основе циркониевых и хромитовых песков, PMMA-пластмасс; карбида кремния; карбида вольфрама; древесной муки; цемента, керамики и т. д. — материалы могут быть самыми разными, здесь важно правильно подобрать клеевой компонент. Например, для склеивания PMMA-порошков используются органические вещества, для кварцевых песков — специальные неорганические агенты. Причем вместо традиционных фурановых смол компания разработала нелетучее соединение, не выделяющее вредных веществ при нагреве до температур плавления металла. Это очень важно в контексте стремления повышать экологичность производств. Совсем недавно voxeljet объявила о создании нового клеящего фенолоальдегидного полимера, который открывает широкие возможности для печати не только песчаных форм, но и литейных форм из керамики.

### 3D-принтеры voxeljet

Изложенный принцип лежит в основе 3D-принтеров voxeljet. Основные части принтера: система нанесения порошка, печатающая каплеустройная головка со множеством форсунок для дозирования клея и короб с подвижным дном — рабочей плитой. В начале процесса плита поднята вверх. На ее поверхность с помощью ракеля ровным слоем наносится порошок рис 1. При этом толщина слоя может составлять от 80 до 200 мкм для пластиков и 300 мкм — для кварцевого песка. Затем головка-дозатор наносит клей как в обычном плоттере. При этом возможно разрешение до 600 dpi (точек



2  
Принтер VX500

на дюйм), что эквивалентно  $42,3 \times 42,3$  мкм — как в хорошем полиграфическом процессе. По мере нанесения каждого слоя порошок/клей плита опускается вниз ровно на толщину слоя, и все операции повторяются.

Сегодня voxeljet предлагает шесть различных моделей 3D-принтеров, которые позволяют печатать изделия размерами от  $300 \times 200 \times 150$  мм до  $4000 \times 2000 \times 1000$  мм с производительностью от 0,7 до 123 литров в час (Т 1). Всех их объединяет не только технология печати, но и ориентация компании на создание надежного индустри-

ального оборудования, которое отличает высокая производительность и точность.

Самым первым из продаваемых сегодня был принтер VX500, представленный в 2007 году рис 2. Это компактная модель с размером рабочего пространства  $500 \times 400 \times 300$  мм обеспечивает возможность работы с различными материалами с толщиной слоев до 80 мкм. Разрешение печати — 600 dpi, производительность — до 15 мм/ч по вертикали, то есть порядка 19 с на слой. Габариты такой установки (длина  $\times$  ширина  $\times$  высота) —  $1,79 \times 1,85 \times 1,66$  м, масса — 1,2 т.

Еще более компактна модель начального уровня VX200 с размером рабочего пространства  $30 \times 20 \times 15$  см рис 3. Она позволяет работать со слоями толщиной 150 мкм, разрешение дозирующей головки — 300 dpi, производительность — 12 мм/ч (0,7 л/ч). Габариты установки —  $1,7 \times 0,9 \times 1,5$  м, масса — 450 кг. Хотя это и наиболее простая модель voxeljet, она была представлена одной из последних, в 2012 году. Поэтому в ней реализованы все технологии и возможности, характерные для более крупных установок, в том числе надежность и качество. Сам факт создания такой установки говорит о стремлении компании быть представленной в как можно большем диапазоне различных применений.

Размеры формируемых деталей ограничены габаритами короба. Увеличивать плиту-основание не просто — ведь толщина слоя порошка составляет от 80 до 300 мкм, при этом все перемещения должны быть прецизионными. Тем не менее, компания выпускает линейку принтеров с подвижными основаниями габаритами до  $2 \times 1$  м и высотой короба до 1 м. Именно такими размерами рабочего короба отличается система VX2000 рис 4. Чуть меньшее рабочее пространство —  $1 \times 0,6 \times 0,5$  м — у принтера VX1000 рис 5. Оба этих принтера оснащены сменными

Т 1  
3D-принтеры компании voxeljet

Модель	VX200	VX500	VXC800	VX1000	VX2000	VX4000
Год выпуска	2012	2007	2012	2011	2013	2011
Размеры рабочей зоны (длина $\times$ ширина $\times$ высота), мм	$300 \times 200 \times 150$	$500 \times 400 \times 300$	$850 \times 500 \times 1500/2000$	$1060 \times 600 \times 500$	$2060 \times 1060 \times 1000$	$4000 \times 2000 \times 1000$
Допустимая толщина слоя, мкм	150	80-150	300	100-300	120-400	120-300
Скорость печати (по вертикали), мм/ч	12	15	35	36	21,6	15,4
Расход материала, л/ч	0,7	3	18	23	47	123
Разрешение, dpi	300	600	600	600	200/600	600
Ширина головки, мм	21	112	112	112/450	520/564	1120
Число форсунок	256	2656	2656	2656/10624	4096/13280	26560
Габариты установки (длина $\times$ ширина $\times$ высота), м	$1,7 \times 0,9 \times 1,5$	$1,8 \times 1,8 \times 1,7$	$4 \times 2,8 \times 2,2$	$2,4 \times 2,8 \times 2$	$4,9 \times 2,5 \times 2,3$	$19,5 \times 7 \times 3,8$
Масса, кг	450	1200	2500	3500	5000	-
Требуемое производственное пространство, м	$3 \times 2,5 \times 2$	$3 \times 4 \times 2,2$	$4,8 \times 4 \times 3$	$4,4 \times 7,9 \times 3$	$15 \times 11 \times 3,5$	$25 \times 14 \times 4,8$



3 Принтер начального уровня VX200



4 Принтер VX2000. На переднем плане — сменный рабочий короб

коробами, которые можно просто подвезти на автопогрузчике. При этом модель VX1000 может комплектоваться специальной печатающей головкой шириной 450 мм с 10 624 индивидуально контролируемые форсунками. Это позволяет печатать один слой всего за два прохода (со скоростью 40 см/с), обеспечивая тем самым производительность до 36 мм/ч (23 л/ч).

Модель VX2000 — самый новый принтер voxeljet. Его рабочее пространство — 2060 × 1060 × 1000 мм, габариты — 4,9 × 2,5 × 2,3 м, масса — 5 т. Как и VX1000, это серьезная промышленная установка, предназначенная для непрерывной круглосуточной эксплуатации. Ее производительность составляет 21,6 мм/ч (47 л/ч), толщины слоев — от 200 до 400 мкм.

В 2011 году компания voxeljet представила систему VX4000 рис 6 с габаритами плиты 4 × 2 м и с допустимой высотой детали до 1 м. Это самый большой промышленный 3D-принтер в мире с объемом рабочего поля 8 м<sup>3</sup>. Однако конструкция этого принтера отличается от других моделей. В нем плита неподвижна, а головка перемещается по вертикали. Причем головка также уникальна. При ширине 112 см она оснащена 26 560 соплами для нанесения клея и обеспечивает разрешение до 600 dpi при скорости перемещения 50 см/с — слой печатается за два прохода головки. При этом производительность принтера достигает 15,4 мм/ч (123 л/ч). Сам по себе принтер обладает внушительными габаритами — 19,5 × 7 × 3,8 м, по сути, это отдельный производственный комплекс. Но и задачи он позволяет решать очень серьезные.

В 2012 году компания представила еще один принтер с новой, революционной технологией «непрерывной» печати — систему VXC800 рис 7. Он позволяет производить объекты теоретически безграничной длины.

Система так и называется — «непрерывный» принтер. В нем печатаемый слой расположен не горизонтально, а под углом. Первый слой наносится на наклонную плиту, установленную на конвейере. Угол наклона плиты подобран так, чтобы порошок с нее не осыпался. Затем конвейер подается на шаг (соответствующий толщине слоя в 300 мкм) вперед, и процесс повторяется сколь угодно долго. Понятно, что плита нужна только в самом начале процесса, далее наклонная поверхность каждый раз формируется системой нанесения порошка. Такой способ позволяет печатать детали непрерывно — на одном конце принтера начинается формирование заготовок, на выходе рабочей камеры порошок осыпается, и с конвейера сходят готовые детали. Размеры рабочей



5 Принтер VX1000



6 Система VX4000

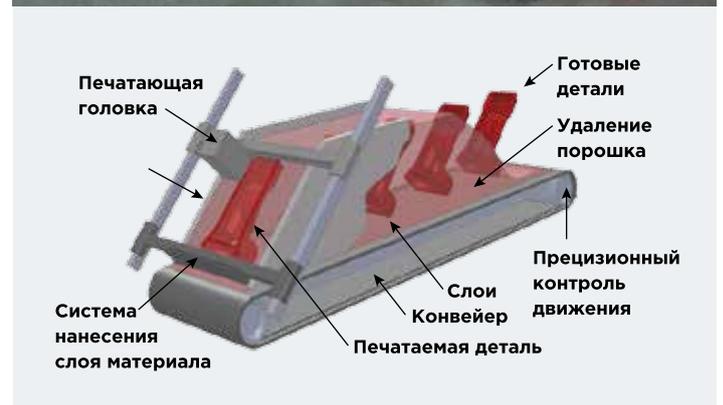
камеры принтера  $58 \times 50$  см, возможная высота — 1,5 или 2 м. Понятно, что эти габариты не ограничивают длину — теоретически можно печатать образец любой длины, лишь бы хватило размеров транспортера и цеха. При этом разрешение печати — 600 dpi, толщина слоя — 300 мкм, производительность — 35 мм/ч (18 л/ч). Очевидно, что при всей кажущейся простоте при создании системы VXC800 пришлось решить немало сложных инженерных задач, например — обеспечить прецизионное управление конвейером.

Таким образом, компания создала линейку принтеров, перекрывающих широчайший спектр задач. Причем заложенная в них технология позволяет создавать объекты, недоступные для иных методов. Например, можно изготовить две детали, вложенные одна в другую, но никак не связанные — например, шар внутри полый сферы, два узла с неразъемным шарнирным соединением и т. п. Более того, в одном коробе можно изготавливать сразу много деталей — как одинаковых, так и совершенно различных. Специальная программа помогает плотно расположить детали в объеме короба, с допустимыми зазорами до 2 мм. Это очень существенно повышает быстродействие установок voxeljet и делает их номинальную производительность (в мм/ч) вполне реальной. Например, в коробе принтера VX500 можно разместить 484 детали с габаритами  $115 \times 34 \times 30$  мм рис 8, 9. Принтер VX1000 позволяет за один цикл — всего за 23 ч — напечатать 780 заготовок для пресс-форм двухтактного двигателя! И подобных примеров немало. Поэтому большие рабочие пространства принтеров voxeljet — это не только крупногабаритные детали, но и высокая производительность, фактически непрерывное серийное производство.

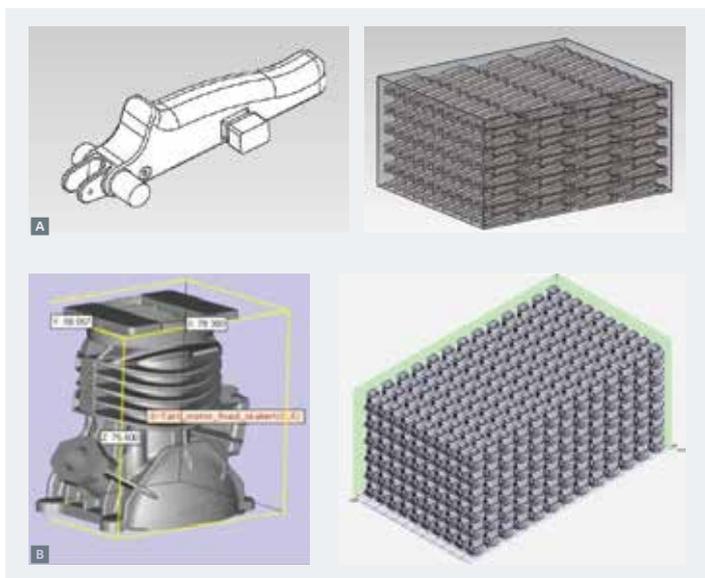


## Услуги производства трехмерных деталей: быстро и недорого

Компания voxeljet не только производит принтеры, но и продолжает выпускать трехмерные детали на заказ, то есть выступает контрактным производителем. При этом в качестве материалов используются РММА-



7 Принтер непрерывной печати VXC800



8 Пример плотной упаковки в пространстве короба различных деталей: **A** 484 детали с габаритами 115 × 34 × 30 мм в коробе принтера VX500, **B** 780 деталей (78,3 × 58,6 × 75,5 мм) в коробе принтера VX1000



9 Программа плотного размещения деталей в коробе

пластики с различными красителями и песок (кварцевый, циркониевый, хромитовый и т. д.). Крупногабаритное оборудование voxeljet обеспечивает две уникальные на рынке характеристики — крупные размеры деталей и/или высокую производительность при приемлемой стоимости и высоком качестве. Иными словами, компания обеспечивает скорость выполнения заказов и гиб-

кость, характерную для 3D-печати, но при этом цена на услуги соответствует традиционным технологиям, если такая альтернатива вообще есть.

Неудивительно, что среди заказчиков voxeljet — представители самых разных направлений. Это и архитектурные модели различных сооружений, и готовые архитектурные детали зданий (капители колонн,



10 Все это напечатано на принтерах voxeljet



**11**  
Пластиковая модель 1 : 3 легендарного автомобиля Джеймса Бонда Aston Martin DB5 для фильма «007. Координаты: «Скайфолл», напечатанная на VX1000

украшения фронтонов и т. п.), различные дизайнерские решения (кресла, люстры, даже сантехника), статуэтки известных людей, киногероев и т. п. **рис.10**. Предмет особой гордости компании — именно ей была заказана модель (в масштабе 1:3) легендарного автомобиля Джеймса Бонда Aston Martin DB5 для съемок одного из самых успешных фильмов бондианы «007. Координаты: «Скайфолл» **рис.11**. Однако в центре внимания voxeljet остается изготовление литейных форм — для чугуна, а также стальных, алюминиевых и медных сплавов. Поэтому расскажем о них подробнее.

## Технологии 3D-печати voxeljet для литейных форм

Наиболее массовая технология металлического литья основана на применении песчаных форм. Эти формы изготавливаются из специальных песчаных литейных смесей. Технология изготовления таких форм трудоемка и плохо поддается автоматизации. Как модели для таких форм, так и сами процессы формовки сложны, требуют ручного труда, зачастую сложные формы собираются из многих деталей, отдельно в них монтируются литейные стержни, литники и т. д. Собственно, над этой проблемой и начинали работать более 20 лет назад создатели компании voxeljet. Технология 3D-печати из мелкодисперсного песка, с неорганическими клеящими агентами оказалось практически идеальным решением. Компания по заказам клиентов выпускает песчаные литейные формы, причем сразу с интегрированной системой литников, для самых разных применений **рис.12**. В основном заказчиками выступают изготовители двигателей и силовых агрегатов. Производятся пресс-формы для блоков цилиндров судовых дизелей, коллекторов, кожухов мощных насосов (массой до 800 кг), крыльчаток радиально-осевых турбин, литейные стерж-

ни для рубашек водяных радиаторов и т. д. **рис.13**. Конечно, такие формы одноразовые, однако voxeljet выпускает их в промышленных масштабах, что оказывается дешевле, качественнее и быстрее традиционных подходов.

Другой массовый вид металлического литья, прежде всего — точного, это литье в корковые (оболочковые) формы по выплавляемым или выжигаемым моделям. Такой метод используется в основном для деталей сложной формы. Его суть: изготавливается точная мастер-модель детали (из дерева, гипса и других легко обрабатываемых материалов), по мастер-модели делают матрицу — пресс-форму для выплавляемой модели. Ее тщательно обрабатывают, полируют поверхность. Такая пресс-форма используется для изготовления выплавляемых моделей из воска, парафина или полимерных легкоплавких вспенивающихся материалов (как правило, из полистирола). Готовую модель, к которой добавляется



**12**  
Отливка на основе песчаных литейных форм, напечатанных на 3D-принтере voxeljet

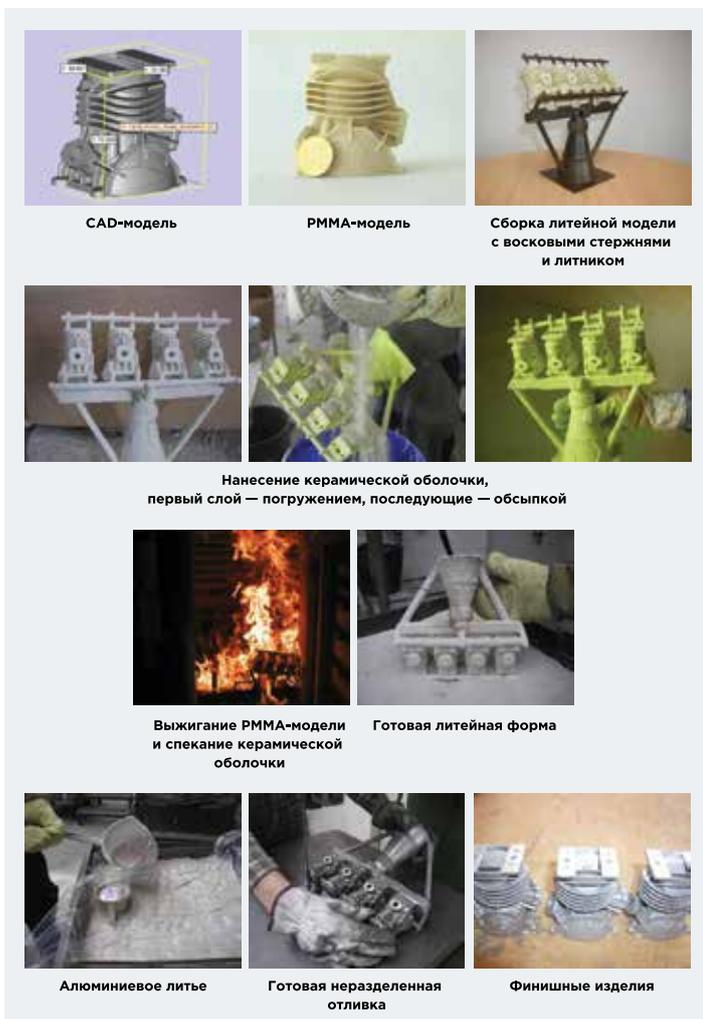


13 Образцы изделий, литейные формы для которых напечатаны на 3D-принтере voxeljet — от сложной дизайнерской конструкции и дизайнерского алюминиевого кресла до узлов двигателей

система литников, погружают в жидкую формовочную смесь (керамическая суспензия) и высушивают. Внутреннюю модель выплавляют горячей водой, форму помещают в печь, где происходит спекание керамики и удаление органических остатков модели, остужают — форма для точного литья готова.

Аналогичная технология используется и компанией voxeljet, только в гораздо более простом варианте рис 14. На 3D-принтере из PMMA-порошка сразу изготавливается модель (мастер-модель не нужна). Чтобы добиться идеально гладкой поверхности, ее погружают в расплавленный воск и/или покрывают эпоксидной смолой. Далее, как и в классической технологии, модель погружают в жидкую формовочную смесь и/или обсыпают формовочной смесью, которая спекается в печи при температуре порядка 800 °С. При этом PMMA-модель выгорает без остатка — образуется готовая оболочечная форма для точного литья. Такая технология используется, например, для отливки головок блоков цилиндров, крыльчатки турбин и т. д.

Казалось бы, проблемы литья деталей силовых установок далеки от электроники. Но автомобильная промышленность, двигателестроение в целом — это лишь пример массового производства. И решения voxeljet уже доказали свою эффективность в такого рода задачах. В сфере создания радиоэлектронных систем немало проблем, связанных с массовым производством сложных конструкций как серийных, так и на уровне единичных образцов и опытных партий. Не говоря уже о том, что электроника — область не самодостаточная, любой электронный блок нужно вставить в какую-либо конструкцию — будь то сотовый телефон, самолет или фазированная антенная решетка. И поэтому передовые промышленные технологии создания сложных конструкций, в том числе литейных, крайне важны для электронной индустрии. Особенно актуальными решения voxeljet могут оказаться в сочетании с другими технологиями, например, технологиями непосредственного формирования схем на трехмерных поверхностях (например, 3D-MID). И здесь возможности точной и высокотехнологичной отливки могут оказаться крайне востребованными.



14 Процесс литья в корковые формы по выжигаемым моделям

**О развитии бизнеса компании, в том числе в России, мы попросили рассказать Тобиаса Кинга (Tobias King), директора компании по приложениям и планированию.**

**Тобиас, в каких областях наиболее востребована продукция voxeljet?**

Преимущества метода трехмерной печати по сравнению с традиционными методами производства заключаются прежде всего в снижении себестоимости. В свою очередь, это снижение обусловлено уменьшением числа технологических шагов, необходимых для создания того или иного изделия. И с ростом производительности принтеров, а значит и возможности изготовления крупных партий деталей, эта тенденция лишь продолжится. Наша компания концентрируется на промышленных применениях. Поэтому не удивительно, что среди наших заказчиков такие промышленные гиганты, как BMW, Daimler, Ford, MAN B&W Diesel и многие другие. Кроме того, voxeljet сотрудничает с авиапромышленностью, с энергетической отраслью, с тяжелым машиностроением, техническими университетами и т. д. В итоге, мы являемся одним из крупнейших поставщиков песчаных литейных в Европе, в месяц наши принтеры потребляют до 200 т песка. И это принципиально — у всех 3D-печать ассоциируется со штучным, а потому дорогим производством. Мы же можем за сутки, в одном цикле сделать 780 моделей для литейных форм для одноцилиндровых двухтактных двигателей на принтере VX1000. Благодаря размерам и производительности нашего оборудования мы оказываем услуги именно серийного производства.

Помимо массовых серийных заказов к нам часто обращаются, если нужно изготовить какие-либо уникальные детали для замены. Например, крыльчатки турбин — зачастую они работают в установках по 50–60 лет, и никакой технологической документации, чертежей на них не сохранилось. А заменять их необходимо. Мы берем такую крыльчатку, сканируем ее в 3D-сканере, формируем CAD-проект и печатаем на 3D-принтере форму для отливки. И здесь проявляется другая особенность 3D-печати — время подготовки производства минимально и не требует серьезных затрат.

Перед нами открываются совершенно неожиданные рыночные ниши — например, изготовление реквизита



для киноиндустрии. Три года назад к нам обратилась английская компания Propshop Modelmakers, производящая бутафорские модели. Им нужно было создать модель автомобиля Джеймса Бонда для фильма «007. Координаты: «Скайфолл». Ведь никакая компьютерная графика не заменит реалистичность сцен, где взрывается или врезается в стену настоящий автомобиль — или его модель. И наши технологии позволили кинопроизводителям сэкономить очень много денег. Причем на весь проект по печати модели автомобиля Aston Martin DB5, от получения заказа до отгрузки, у нас ушло всего пять дней. Из них собственно печать на принтере VX1000 заняла 25 ч. Есть и другие области кинопроизводства, где востребованы наши услуги. Например, сканируют актера, делают его 3D-модель, после чего подбирают одежду и т. п. В целом, это направление оказалось для нас столь интересным, что в начале 2014 года voxeljet приобрела компанию Propshop Modelmakers, теперь это voxeljet UK, наше дочернее предприятие в Великобритании.

У нас немало заказов из других областей, в частности, наши модели используются при разработке болидов для «Формулы-1». В сфере архитектуры — это

модели зданий, которые делаются из PMMA. Их можно осматривать со всех сторон и разделять на составные части. Из песчаных материалов выполняются копии статуй и архитектурных деталей. В медицине с помощью 3D-моделей занимаются планированием и подготовкой операций. В сфере потребительских продуктов 3D-печать очень полезна при изготовлении кресел, светильников и других предметов экзотической формы — перечислять можно долго. Недавно к нам обратились из FIFA, им нужно было сделать фигуры знаменитых футболистов в полный рост. Мы выполнили этот заказ. Потом фигуры раскрашиваются и могут использоваться в музеях восковых фигур по всему миру. Причем можно говорить о зарождении отдельного направления — по нескольким фотографиям человека с разных ракурсов можно построить его 3D-модель и напечатать на принтере.

Мы получаем запросы от самых разных заказчиков, перед нами открываются все новые и новые рынки. Продукция компании успешно распространяется во всем мире с помощью 35 партнеров-дистрибьюторов. Среди них — и наш российский дистрибьютор, компания Остек.

### **Какое направление бизнеса — производственные услуги или продажа оборудования — наиболее важны для бизнеса voxeljet?**

Большую часть прибыли компания получает от продажи принтеров, но предоставление услуг для нас не менее важно, поскольку с этого обычно начинается сотрудничество с заказчиками. Кроме того, производственные услуги — это высокорентабельный бизнес, выручку в этой сфере мы направляем на создание новых технологий и принтеров. А они, в свою очередь, позволяют предоставлять новые услуги. Так что два этих направления взаимосвязаны и взаимодополняют друг друга.

### **Каковы ваши планы по развитию бизнеса в России?**

В России, как и во всем мире, мы следуем нашей бизнес-модели, предусматривающей развитие в двух направлениях — предоставление услуг и продажа установок. Сейчас мы контактируем с перспективными клиентами, демонстрируем возможности своих 3D-принтеров. Начинается все обычно с того, что клиенты заказывают определенные детали (такие заказчики в России уже есть), потом начинают увеличивать объемы заказов и в конце концов дозревают до приобретения собственного принтера. Это наиболее эффективный путь, минимизирующий все риски.

### **Клиенты могут использовать только те материалы, которые поставляет voxeljet?**

Конечно, нет. Материалы для изготовления деталей пользователи могут покупать самостоятельно, поскольку зачастую на месте это гораздо дешевле. У voxeljet есть список порошков и клеев, которые проверены и одобрены к использованию для каждого конкретного 3D-принтера. Но, в принципе, спектр порошков и клеев может расширяться, просто каждый конкретный случай должен быть специально протестирован на конкретных устройствах компании voxeljet.

И мы всегда открыты для сотрудничества в плане разработки технологий для новых материалов. Даже если ко мне завтра придут и скажут: «Нужен принтер для шоколадного порошка», я отвечу: «Нет проблем, давайте начнем исследования и поиск клеевой субстанции на основе сахара». Причем тут также возможны два пути. Во-первых, клиент может приобрести небольшой недорогой принтер и экспериментировать на нем. Или же мы сами можем искать решение, адаптируемое для наших промышленных систем. Никаких ограничений тут нет! 

## Аддитивные технологии в Остек

Технологии трехмерной печати активно развиваются на мировом рынке. Их уникальные возможности используются как лидерами промышленного производства изделий и оборудования для серийного производства сложных деталей, так и научными организациями и университетами – для быстрого прототипирования трехмерных моделей в масштабе или в натуральную величину.

Остек готов предоставить широкому кругу специалистов возможность ознакомиться с новейшей технологией, не только понять «как это работает», но и получить физический доступ к оборудованию и попробовать испытать свои идеи на реальных образцах или оценить возмож-

ности 3D печати для собственного производства. В нашем демозале развернут целый участок аддитивных технологий на базе оборудования партнера – компании VoxelJet AG. Наши специалисты помогут оценить реализуемость ваших моделей на практике, возможные сложности и пути их преодоления, получить материальное воплощение ваших идей. В процессе общения вы сможете самостоятельно разобраться в технологии и возможностях оборудования, подобрать наиболее эффективное решение, которое позволит вашему предприятию перейти на качественно новый уровень производства, сократив издержки времени и денег на всей цепочке от CAD-модели до реального изделия.



Мы приглашаем вас на разговор! А темы для беседы могут быть разные: от реверсинжиниринга деталей старого, но вполне рабочего оборудования, до создания моделей, прототипов или литьевых форм с огромными линейными размерами 4000 x 2000 x 1000 мм, недоступными для любых других технологий при максимальном сохранении точности.

У фантазии не должно быть пределов. Только тот, кто мечтает и пробует, достигает тех вершин, которые еще вчера выглядели неприступными. А мы постараемся, чтобы этот путь был максимально коротким и правильным!

Подробная информация на сайте [www.ostec-3d.ru](http://www.ostec-3d.ru)