

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

в современной медицине

Евгений ГРИНИН, Дмитрий ТРУБАШЕВСКИЙ,
компания «Современное оборудование», группа компаний «Солвер»

3D-печать от компании Stratasys для многих в первую очередь ассоциируется с широко известной технологией FDM и ее промышленными термопластиками. Однако у компании есть еще одно очень интересное направление – технология PolyJet – метод аддитивного производства из фотополимеров, с помощью которого можно создавать точные, гладкие прототипы, конечные детали и оснастку, в том числе для медицины и стоматологии.

Технология PolyJet похожа на струйную 2D-печать, но вместо чернил подаются струи жидкого фотополимера, который последовательно укладывает слои в соответствии с геометрией моделируемой детали. Количество одновременно печатаемых деталей одной высоты практически не влияет на время их изготовления, что важно при больших объемах печати. Причина кроется опять же в особенностях технологии.

Высокая объемная точность (до одной десятой миллиметра при толщине слоя моделирования 14-28 микрон) является, безусловно, основным преимуществом этого способа 3D-печати. Благодаря ему можно создавать сложные геометрические формы, в том числе с тонкими стенками, причем с использованием широчайшего спектра материалов,

не доступных в других аддитивных технологиях. Более того, возможно сочетать в одной детали несколько различных по своим физическим свойствам материалов – жестких и мягких, разноцветных, прозрачных, полупрозрачных и непрозрачных.

Процесс 3D-печати по технологии PolyJet, как и все технологии Stratasys, максимально прост, понятен и состоит из трех этапов:

1. Подготовка данных. Программное обеспечение подготовки к печати автоматически рассчитывает нанесение фотополимера и вспомогательного материала на основе CAD-файла 3D-модели. Оператору необходимо лишь расположить модели на виртуальном рабочем столе, хотя и здесь можно положиться на программу, позволив ей автоматически расположить детали в рабочей зоне.

2. Изготовление. Микропорции жидкого фотополимера, поступая через сопла печатающей головки, укладываются слой за слоем и отверждаются с помощью УФ-излучения. Если для элементов конструкции детали требуется опора, 3D-принтер так же слой за слоем печатает поддержку из вспомогательного материала.

3. Удаление вспомогательного материала. Вспомогательный материал легко удаляется вручную, вымывается водой под давлением или растворяется в ванне со специальным раствором.

То, что технология обеспечивает высокую точность, детализацию, гладкость поверхностей изготавливаемых моделей ценно для любой области ее применения. Однако особое внимание в компании Stratasys уделяется ее применению в области медицины, где существует не только огромный спрос, но и очень важен индивидуальный подход при изготовлении каждой модели.



Рис. 1. Технология PolyJet позволяет быстро и качественно изготавливать индивидуальные заушные слуховые аппараты



Рис. 2. Планирование операции по точным моделям PolyJet

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ

Использование специальных биосовместимых модельных материалов позволяет изготавливать полноценный и функциональный конечный продукт – заушные слуховые аппараты. Эти материалы обладают необходимыми прочностными характеристиками при высоком качестве печати для каждого индивидуального изделия.

ПОДГОТОВКА К ХИРУРГИЧЕСКИМ ОПЕРАЦИЯМ

Все чаще при планировании хирургических операций прибегают к технологиям 3D-печати на основе данных, сгенерированных специализированным программным обеспечением, или, например, полученных при проведении магнитно-резонансной томографии. Модели, полученные на основе таких данных и напечатанные по технологии PolyJet, отличаются высочайшей точностью и реалистичностью.

Не так давно в Санкт-Петербургском государственном педиатрическом медицинском университете 3D-печатный макет сердца не только послужил пособием для подготовки двух операций, но и позволил медикам объяснить и наглядно показать суть проблемы переживающим родителям. Осязаемая трехмерная модель реалистично отображает рас-



Рис. 3. Эти высокоточные модели для планирования операций также созданы по технологии PolyJet



Рис. 4. 3D-печатный макет сердца ребенка не только послужил пособием для подготовки двух операций, но и позволил медикам объяснить и наглядно показать суть проблемы переживающим родителям

положение сосудов, мышц и других анатомических деталей. Врачи получают наиболее наглядную картину большого органа и могут проработать тонкости предстоящих хирургических операций.

Это, конечно, во всех смыслах выдающийся пример того, как применение 3D-печати в медицине помогает спасать жизни. А вот использование аддитивных технологий в стоматологии, пожалуй, без преувеличения становится рядовым делом. Для этого направления у Stratasys даже есть отдельная линейка принтеров серии Dental.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРОНОК И МОСТОВИДНЫХ ПРОТЕЗОВ

Традиционные методы с использованием литья, воска и длительных доработок уходят в прошлое. Многочисленные ручные операции требуют массу времени, высокой квалификации и в итоге не гарантируют необходимую точность. Применяемая для этих задач аддитивная технология проста, точна, удобна в использовании, позволяет значительно сократить время подготовки и изготовления, и кроме того значительно удобней для хранения и работы с данными, обеспечивая стопроцентную повторяемость изготовления стоматологических изделий (что важно в случае их поломки или утери). Полученные модели максимально соответствуют форме и положению в полости рта. А быстрое цифровое производство позволит оперативно подобрать необходимые параметры и геометрию будущих протезов, а самое главное в точности с представлением хирурга и ожиданиями пациента. Сканирование, обработка файлов и печать – всего три автоматизированные операции в технологическом процессе, и на выходе – качественный результат.

ЛИТЬЕВЫЕ МОДЕЛИ ЧАСТИЧНЫХ СЪЕМНЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ ПРОТЕЗОВ

Этот процесс, один из самых технически сложных в зубном протезировании становится с использованием 3D-печати более легким, предсказуемым и в какой-то мере даже обыденным. Материал MED610, бу-



Рис. 5. Моделирование мостовидных протезов и коронок с использованием технологии PolyJet



Рис. 6. Частичный съемный пластинчатый протез и его литьевая модель

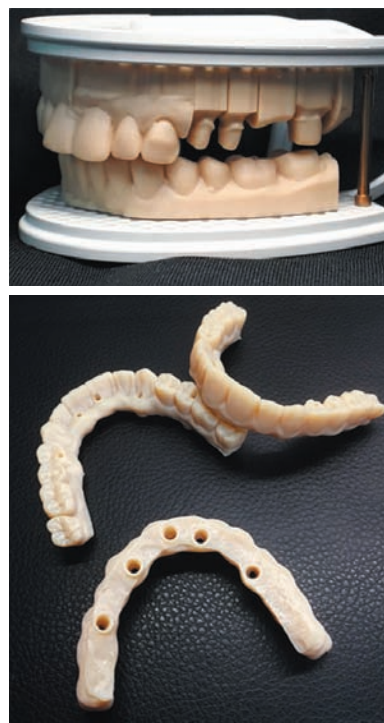


Рис. 7. Диагностические модели

дучи биосовместимым, может быть еще использован для получения литевых моделей съемных частичных протезов из хромокобальтовых зубных каркасов.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Диагностические модели зубов, напечатанные на основе отсканированных индивидуальных слепков, либо полученных напрямую из ротовой полости при помощи цифровых технологий, необходимы для точных измерений и подбора элементов лечебной аппаратуры. Данные сканирования, либо сами слепки передаются в специализированные лаборатории 3D-печати, и там по ним получают готовые диагностические модели. Это позволяет использовать все преимущества современных цифровых технологий даже при отсутствии специального оборудования в самой клинике. Для создания диагностических моделей применяют материал VeroGlaze (MED620), который сертифицирован по ISO для использования в ротовой полости. Оттенки материала позволяют добиться лучшего соответствия натуральным цветам.

ХИРУРГИЧЕСКИЕ КОНДУКТОРЫ И ШАБЛОНЫ

Это специальная съемная оснастка, позволяющая хирургу во время операции точно позиционировать место и направление ввода имплантата – строго индивидуальных параметров для каждого пациента, исходя из особенностей строения челюстей. Шаблоны бывают двух типов.

- Хирургический шаблон с направляющими втулками малого диаметра для сверления.

- Имплантологический шаблон со втулками большого диаметра, что позволяет через них не только сверлить, но и устанавливать имплантаты без снятия шаблона.

Доктор выбирает вариант шаблона исходя из клинической ситуации.

Удобство и преимущество применения цифровой технологии заключается в том, что вся информация от обработанного компьютерно-томографического снимка до непосредственно создания шаблона, содержится в едином формате. После печати на 3D-принтере в шаблон запрессовываются титановые втулки, которые точно определяют направление и глубину сверления. Иногда там же предусматривают втулки для фиксирующих вин-

тов для обеспечения жесткого крепления шаблона на челюсти. Изделие можно использовать практически сразу после изготовления. Существенное достоинство – это то, что шаблон собирается в одном месте, быстро, точно и не требует специализированной лаборатории. Наиболее широко используемый материал для печати хирургических шаблонов – MED610.

ПРИМЕРОЧНЫЕ ВИНИРЫ

Винирование – это процедура восстановления внешней стороны зубов путем наложения на них винира – тонкой пластинки из фарфора, керамики или композитного материала. Сегодня такую услугу предлагают многие стоматологические клиники, но не многие могут предложить пациенту увидеть окончательный вариант реставрированных зубов еще до изготовления окончательных керамических виниров. С оборудованием Stratasys это стало доступно. Для изготовления реалистичных моделей виниров используют непрозрачный материал различных оттенков VeroGlaze (MED620), который служит основой композита, полученного смешением с материалами MED690 и VeroWhitePlus. После примерки и утверждения моделей пациентом врачи приступают к изготовлению окон-

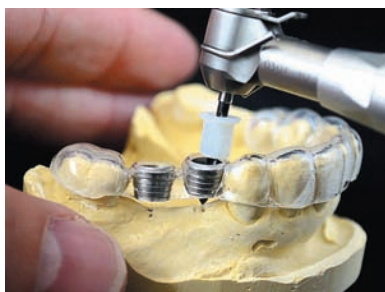


Рис. 8. Хирургические кондукторы и шаблоны

чательных виниров, которые после надежной фиксации используются на постоянной основе.

ЭЛАЙНЕРЫ

Элайнеры или стоматологические каппы – это съемные ортодонтические аппараты для коррек-



Рис. 10. Удобные и незаметные элайнеры стали отличной альтернативой брекетам



Рис. 9. Виниры и их примерочная модель

ции прикуса, представляющие собой специальные накладки на зубы из биосовместимого пластика. Будучи прозрачными и практически невидимыми, элайнеры сегодня успешно вытесняют традиционные брекететы. Процесс их производства таков. Врач-ортодонт делает гипсовый слепок или оцифровывает по-



Рис. 11. Оснастка для термоформовки каппы изготовлена по технологии PolyJet



Рис. 12. Реалистичная модель челюсти

лость рта с помощью интраорального сканера, фотографирует лицо и зубы пациента, а затем составляет рецепт, согласно которому разрабатывается виртуальный план лечения. После этого создаются трехмерные компьютерные модели челюстей с анализом движения зубов в нужных направлениях, на основе которых изготавливается (а все чаще это делается на 3D-принтерах) оснастка для термоформовки элайнеров из PETG-материала. Завершает процесс обрезка полученных образцов. В результате пациент получает для каждой челюсти комплект прозрачных капп с плавно изменяющейся геометрией для комфортного исправления прикуса.

КАППЫ

Каппы – это съемные конструкции, выполненные из эластомерного полиуретана либо силикона различной степени твердости и толщины. Окружая зубы со всех сторон, и соединяя в единый блок, они позволяют укрепить их при повышенной подвижности в случае пародонтита, защитить от повышенного стирания во время сна или повреждений, например, во время занятий спортивными единоборствами и т.д. Для изготовления мастер-моделей оснастки под термоформовку капп используется 3D-печать из материала VeroGlaze (MED620).

ТОЧНЫЕ МОДЕЛИ ЧЕЛЮСТЕЙ

Как мы видим из приведенных примеров, современная стоматология активно заимствует передовые цифровые технологии. Ведущие зарубежные и российские клиники охотно переходят на менее затратные и более быстрые технологии, задавая тем самым современный стандарт качества в стоматологии. Недавно, например, такая компания, как Stratasys, для нужд зуботехнических лабораторий предлагает целую линейку специальных принтеров серии Dental с различными возможностями по размерам рабочей зоны, производительности, а так же по количеству используемых материалов. Возможно, вы даже не догадываетесь, что ваш врач-дантист уже давно использует такие современные методы для лечения ваших зубов. ■