



Сравнение четырех CAD\CAM систем (Cerec inLab, Everest, DCS и Hint-Els) для изготовления зубных протезов



РЯХОВСКИЙ А.Н.

д.м.н., проф., зав. отделом ортопедической стоматологии ЦНИИС, г.Москва



КАРАПЕТЯН А.А.

к.м.н., научный сотрудник отделения современных технологий ЦНИИС, г.Москва

ТРИФОНОВ Б.В.

к.м.н., зав. ортопедическим отделением МУЗ стоматологической поликлиники №1, г.Белгород

Среди современных способов изготовления зубных протезов прочное место заняли CAD\CAM технологии. Эти технологии заимствованы из промышленности, где они давно и успешно применяются. Различные детали проектируются с помощью ЭВМ и затем в автоматическом режиме изготавливаются. Однако основное отличие стоматологических CAD\CAM систем состоит в том, что эти системы изготавливают детали лишь в единственном экземпляре. Компьютерное проектирование конструкции связано с индивидуальной формой протезного ложа, рельеф которого должен быть оцифрован и передан в ЭВМ с высокой точностью и скоростью. Большинство современных систем основано на автоматизированном изготовлении каркасов протезов методом фрезерования и последующем ручном нанесении облицовочного материала.

На современном стоматологическом рынке доступно большое количество CAD\CAM систем. В настоящее время в России применяются лишь четыре такие системы: Cerec inLab (Sirona, Германия) (рис.1а), Everest (KAVO, Германия) (рис.1б), Hint-Els (прежнее название – DigiDent, Германия) (рис.1в), DCS President (Швейцария) (рис.1г). Первые две компании давно известны на нашем рынке как производители широкого спектра стоматологического оборудования, две другие занимаются только разработкой и изготовлением CAD\CAM систем и расходных материалов для этих систем. Они отличаются между собой как функциональными возможностями, так и ценой. Настоящая работа посвящена сравнению этих систем между собой по основным показателям, которые предоставлены фирмами-производителями, а также по результатам практического ознакомления с этими системами.

CAD\CAM изготовление зубных протезов состоит из трех основных этапов: сканирования, проектирования и фрезерования. В соответствии с этим система обычно состоит из трех блоков, которые могут быть разделены или, напротив, объединены друг с другом (рис.2,3).

В системе Cerec inLab блок сканирования и фрезерования объединены в одном устройстве. Поэтому эти две операции не могут проводиться одновременно. В других, более дорогих системах блоки сканирования и фрезерования разделены во времени и пространстве. Это позволяет

проводить эти операции одновременно, а также обслуживать несколько сканеров одним фрезервальным станком. Для устранения подобного недостатка системы фирма Sirona предложила на рынок сканер как отдельное устройство, которое позволяет в клинике получать данные сканирования, проектировать конструкцию и передавать подготовленные данные в лабораторию непосредственно для фрезерования (рис.4).

Проведем сравнение этих систем последовательно по каждому из этих этапов.

Сканирование

Принцип сканирования

В технической документации Cerec inLab указывается, что система проводит сканирование методом триангуляции. Само сканирование проводится лазерным лучом, путем его проецирования на объект и измерения расстояния до точки проецирования (рис.5). Таким образом получается облако точек. Каждая точка соединяется с соседними линиями, образуя некую поверхность, состоящую из множества маленьких треугольников.

При сканировании штампы зубов или фрагменты модели фиксируются специальным воском на подставке, которая укрепляется в том же держателе, что и заготовка для фрезерования. Лазерный луч проецируется на модель, которая осуществляет поступательное и вращательное движение. При этом

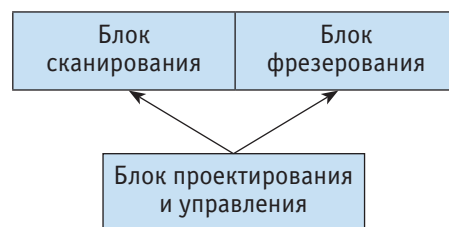


Рис.2. Блок-схема системы Cerec inLab

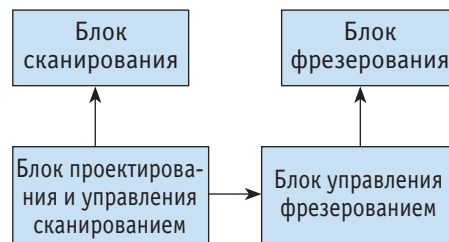


Рис.3. Блок-схема трех других систем

Рис.1. CAD/CAM система (а-Everest, б-Cerec inLab, в-HintEls, з-DCS)

следует уделять внимание правильному расположению штампов на подставке, с тем чтобы не возникало «теневых» зон а также, чтобы участки поверхности не оказались вне зоны сканирования по высоте (рис.6).

В системах Everest и Hint-Els, а также в новом сканере Cerec принцип сканирования одинаков. Он состоит в проецировании на объект меняющихся по ширине световых полос и регистрации их положения на объекте с помощью цифровой камеры (рис.7). При этом положение самого объекта постоянно меняется путем его вращения. Таким образом получается множество цифровых фотоснимков, совокупный математический анализ которых позволяет рассчитать координаты поверхности объекта.

Для расчета координат модель устанавливается на столик (рис.4,8,9). После предварительного сканирования всей модели проводят прицельное сканирование отдельных штампов.



Рис.4. Новый сканер фирмы Sirona

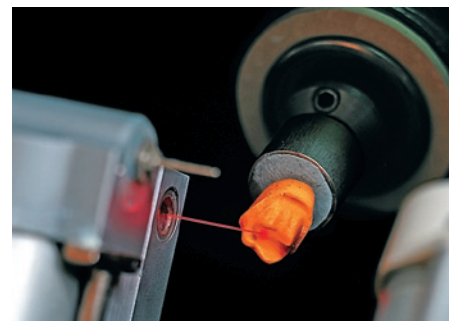


Рис.5. Сканирование гипсового штампа лазерным лучом

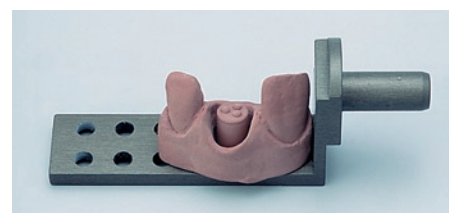


Рис.6. Объект для сканирования размещен на специальной подставке

Это делается потому, что отдельные поверхности протезного ложа могут находиться «в тени» соседних зубов.

Поэтому модели делают разборными для обеспечения возможности удалять по необходимости из модели объекты,

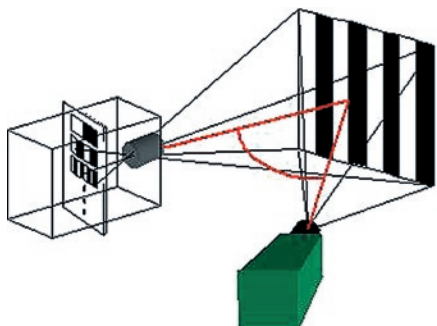


Рис.7. Схема сканирующего устройства HintEls и Everest



Рис.8. Сканер системы Everest

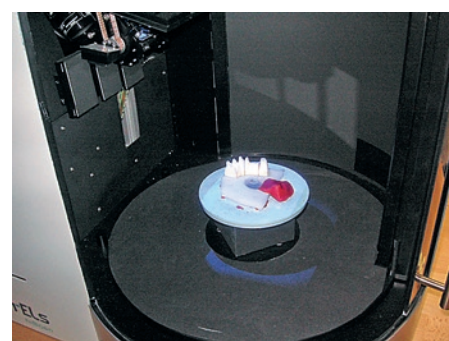


Рис.9. Сканер системы Hint-Els

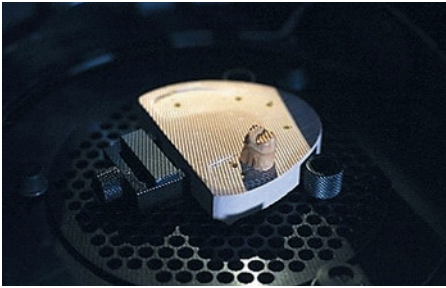


Рис.10. Повторное сканирование отдельного штампка

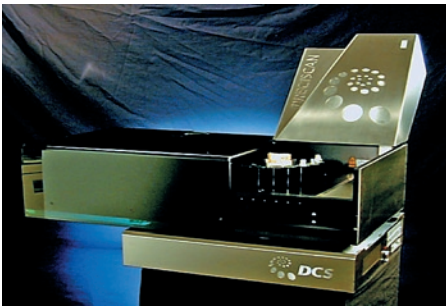


Рис.11. Сканер системы DCS

создающие «тень». Кроме того, при сканировании модель вращается относительно камеры. Штампки должны быть точно установлены на своих местах в общей модели. Именно таким образом программа сканирования определяет координаты их взаимного расположения (рис.10).

В системе DCS сканирование осуществляется проецированием на объект полосы лазерного света и регистрацией ее положения на объекте с помощью камеры (рис.11,13).

Вначале проводят предварительное сканирование всей модели. При этом важным является правильное расположение объекта по высоте (рис.12). Затем проводится сканирование всех штампов. Отличие от других систем еще и в том, что штампы фиксируются в отдельных держателях (рис.13) и их совмещение с общей моделью проводится автоматически программным способом путем максимально полного совмещения с координатами поверхностей штампов, полученных после предварительного сканирования (рис.14).



Рис.15. Установка в держатели окрашенных штампов

В системах Cerec inLab, Everest, Hint-Els рекомендуется использование специального гипса. По мнению разработчиков, он обеспечивает большую точность сканирования благодаря тому, что не дает бликов, поэтому нет избыточных данных сканирования, которые необходимо корректировать.

В системе Cerec inLab и DCS может быть использован любой гипс IV класса. Для предупреждения неточностей сканирования в системе Cerec inLab модель рекомендуется присыпать специальным порошком, а в системе DCS покрывать белой акварелью (рис.15).

Поле сканирования

Максимальные пределы поля сканирования системы Cerec inLab составляют 40x20x16 мм.

Поле сканирования системы Everest составляет 80x80 мм. Новый сканер системы позволяет сканировать модель полностью.

Поле сканирования систем Hint-Els и DCS (90x90 мм) достаточно для сканирования всей модели.

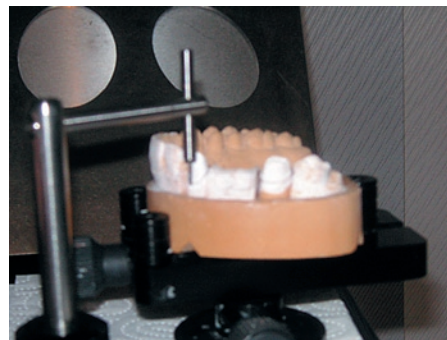


Рис.12. Контроль высоты модели перед установкой в сканер

Время сканирования

Время сканирования в системе Cerec inLab, по данным технической документации, составляет 2 мм/мин.

Время сканирования всей модели и обработки данных в системе Everest – 2-4 минуты.

Время сканирования всей модели и обработки данных в системе DCS составляет 7 минут, сканирование отдельных штампов – 5 минут.

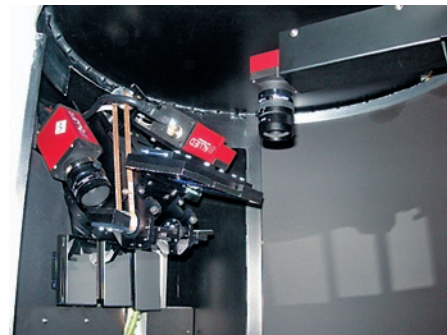


Рис.16. В новом сканере HintEls сразу три камеры нацелены на объект

Время сканирования всей модели и обработки данных в системе Hint-Els составляет для сканера с одной камерой (hiScan) 2-6 минут. Для повышения скорости и точности сканирования компания предлагает новый сканер hiScan. Его основное отличие состоит в том, что для получения информации о распределении световых полос на объекте используется не одна, а сразу три камеры (рис.16). Передача и обработка информации сразу с трех камер проходит значительно быстрее, чем остальные вспомогательные операции при сканировании (повороты столика, проецирование световых полос и т.д.). Этим достигается сокращение времени сканирования. Усреднение трех виртуальных моделей в одну обеспечивает повышение точности сканирования.

Точность сканирования

Под точностью сканирования в данном случае понимается соответствие размеров сканируемого объекта и виртуальной модели.



Рис.13. Сканирование отдельных штампов

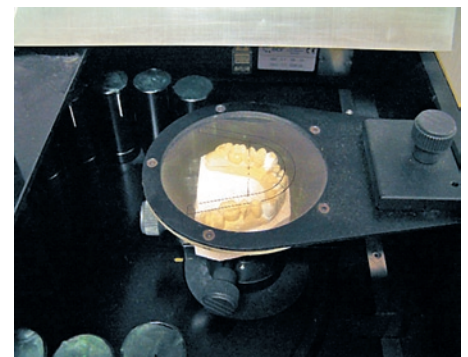


Рис.14. Контроль положения модели перед общим сканированием

Точность сканирования в системе Everest составляет 20 мкм.

Точность сканирования в системе DCS составляет 4 мкм.

Точность сканирования в системе Hint-Els для старого сканера с одной камерой (hiScan) составляет 5-15 мкм, для нового сканера с тремя камерами (hiScan) – 3-6 мкм.

В технической документации системы Cerec in lab приводятся данные по такому показателю, как минимально возможное разрешение при сканировании, которое

CAD\CAM	Тип сканирования (проецирование и регистрация расположения на объекте...)	Размеры поля (мм x мм)	Время (мин)	Точность (мкм)
Cerec inLab	Лазерного луча	40x20x16	20-40	25 (разрешение)
Everest	Полос света видимого спектра переменной ширины	80x 80	4	20
Hint-Els (hiScan) (hiScan)	Полос света видимого спектра переменной ширины	90x90	2-6 2-3	5-15 3-6
DCS	Одной полосы лазерного света	90x90	7	4

Таблица 1. Сравнительная характеристика сканеров

соответствует диаметру лазерного луча, проецируемого на модель, и равному 25 мкм.

Для удобства сравнения представленные данные сведены в таблицу 1.

Программные возможности

Виды работ

Системой Cerec inLab могут быть изготовлены: вкладки, виниры, коронки, каркасы для одиночных коронок и мостовидных протезов длиной до 40 мм.

Система Everest позволяет изготовить телескопические колпачки, вкладки, виниры, каркасы для одиночных коронок и мостовидных протезов размерами до 45 мм.

Система Hint-Els может также изготовить телескопические колпачки, вкладки, виниры, каркасы для одиночных коронок и мостовидных протезов по всей длине зубного ряда (14 единиц).

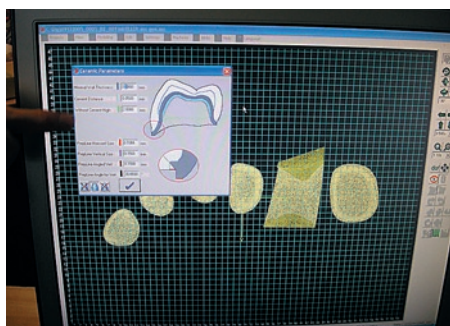


Рис.19. Рабочее окно программы Hint-Els при моделировании каркаса коронок

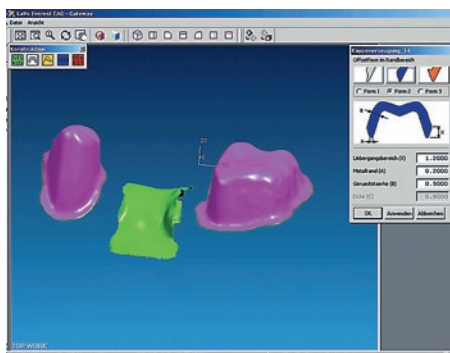


Рис.21. Рабочее окно программы Everest при моделировании каркаса коронок

Система DCS, помимо перечисленных конструкций (максимальная протяженность конструкций – обычно до 12 единиц – ограничена размерами 80x50x15мм), может также изготавливать разборные мостовидные протезы и экстракоронарные замковые крепления и интерлоки. Причем виртуальное моделирование зам-

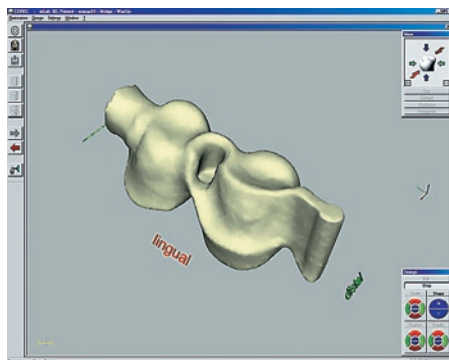


Рис.17. Рабочее поле программы Cerec inLab после сканирования восковой композиции с замковым креплением и интерлоком

пространство может меняться по высоте коронки. В пришеечной области толщина цементной пленки задается меньшей величины, причем может регулироваться и сам размер пришеечной зоны. Подобная возможность отсутствует у систем Cerec inLab и Everest. Это может привести к ухудшению краевого прилегания коронки при необходимости коррекции ее края в клинике.

Краю коронки можно придавать разную форму. В системах DCS и Hint-Els пользователь может создавать свои формы.

Край препарирования определяется автоматически как наибольший периметр штампка (рис.22). Для этого штампик должен быть подготовлен обычным способом.

В системе Cerec inLab используется другой алгоритм определения края препарирования. Он определяется как граница резкого перехода одной плоскости в другую. Этот универсальный алгоритм

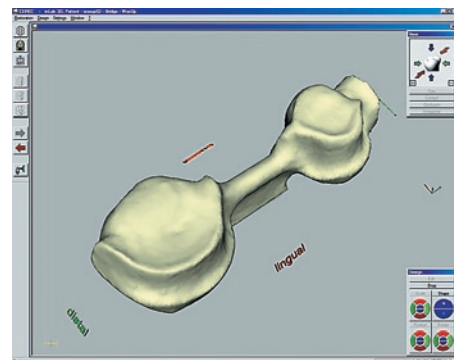


Рис.18. Рабочее поле программы Cerec inLab после сканирования восковой композиции с балкой

ковых креплений может осуществляться путем задания произвольных размеров, а также с помощью их предварительного сканирования.

В системах Cerec inLab и Hint-Els моделирование жевательной поверхности осуществляется программным способом, в системах Everest и DCS – путем двойного сканирования (первое – сканирование модели, второе – сканирование восковой заготовки на модели).

Методом двойного сканирования системы Cerec inLab и Hint-Els потенциально могут изготавливать интерлоки, балочные и экстракоронарные замковые крепления (рис.17,18).

Основные инструменты

Наиболее часто используется в подобных системах опция изготовления каркасов коронок и мостовидных протезов.

Практически все системы могут задавать толщину каркаса коронки, толщину края коронки, внутреннее пространство коронки на толщину цемента (рис.19-21). Причем в системах Hint-Els и DCS это

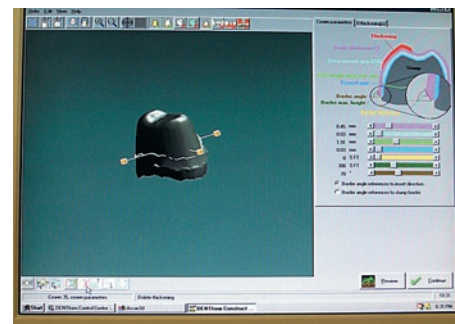


Рис.20. Рабочее окно программы DCS при моделировании каркаса коронок

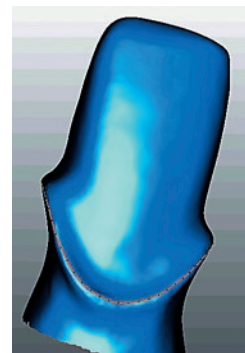


Рис.22. Автоматическое определение края препарирования в системе Everest

обеспечивает эффективное определение границы препарирования и для других конструкций (вкладки, виниры), однако требует при этом участия оператора. Оператор должен подвести курсор на экране монитора к какой-нибудь точке границы препарирования, которая визуально определяется (рис.23).

В системе DCS предусмотрен и другой способ определения края коронки, при котором не требуется типичная обработка штампа. В этом случае необходимо штампик ниже границы препарирования окрасить в черный цвет.

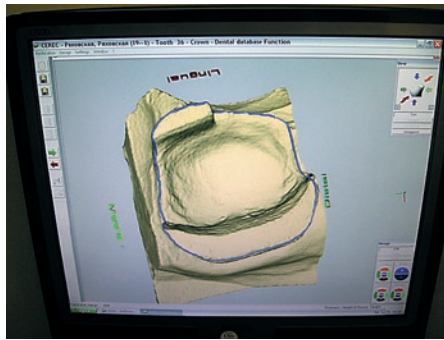


Рис.23. Определение края препарирования в системе Cerec inLab

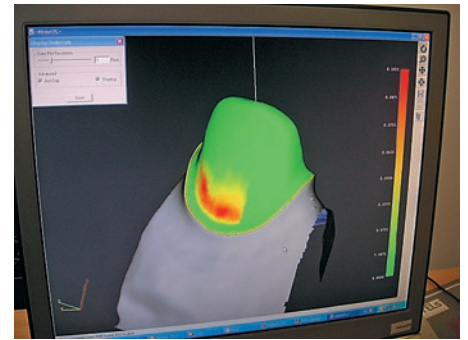


Рис.24. Окно рабочей программы Hint-Els с изображением поднутрения на штампики

Добавление

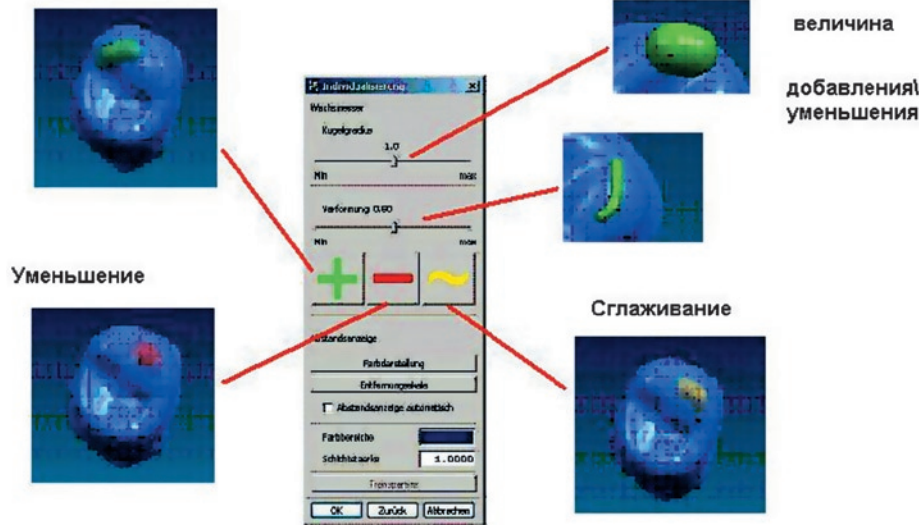


Рис.25. Рабочие инструменты программы Everest

У всех систем имеется возможность произвольно корректировать границы края коронки.

У всех систем (кроме системы Cerec inLab) автоматически определяются и отображаются на экране монитора зоны поднутрений, их площадь и глубина (рис.24).

Наружная форма каркаса коронки может корректироваться путем наложения и модификации подходящих форм из банка данных (DCS, Cerec inLab, Hint-Els), а также инструментами типа «кисть», «нож», «сглаживание» (рис.25).

Для изготовления каркасов мостовидных протезов используются виртуальные «заготовки» из банка данных.

Их положение, размеры и форма корректируются в зависимости от расположения и рельефа поверхности десны (Cerec inLab, Everest, Hint-Els, DCS), а также антагонистов (Cerec inLab, Everest, Hint-Els) (рис.26-28). При этом автоматически производится расчет расстояния до поверхности антагонистов, и в случае, если расстояние недостаточно для размещения облицовочного материала, это отображается на мониторе. В системе DCS наружные размеры каркаса контро-

лируются путем сканирования восковой заготовки каркаса.

Расположение соединительных элементов каркаса (коннекторов) между коронками и промежуточной частью задаются оператором (рис.28,29). При этом программы разных систем предлагают типовые формы сечений, которые могут произвольно модифицироваться (рис.30). В системе Cerec inLab для каждого используемого материала в программе заложена минимально возможная площадь сечения коннектора. В случае, если оператор делает ее слишком тонкой, программа выдает предупреждение.

В системе DCS имеется возможность создания «составных» мостовидных протезов (при наклоне опорных зубов). Телескопическое замковое сочленение располагается обычно внутри одного из элементов промежуточной части (рис.31). Части мостовидного протеза соединяются посредством фосфатного цемента.

В системе DCS имеется возможность добавлять к конструкции каркаса элементы замковых креплений съемных протезов (рис.32). В этих случаях надо предварительно отсканировать требуемый элемент и занести его в банк данных. В новой версии программы оператор может создавать «свои» замковые крепления.

Виртуальное моделирование окклюзионной поверхности возможно только в системах Cerec inLab и Hint-Els. В системах Everest и DCS следует использовать двойное сканирование (сканирование восковой заготовки). Кстати, многие техники предпочитают именно такой вариант, аргумен-

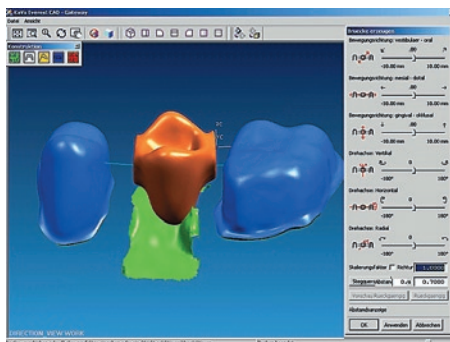


Рис.26. Построение каркаса в программе Everest. Элемент промежуточной части выбирается из банка данных



Рис.27. Отображение антагонистов в программе HintEls

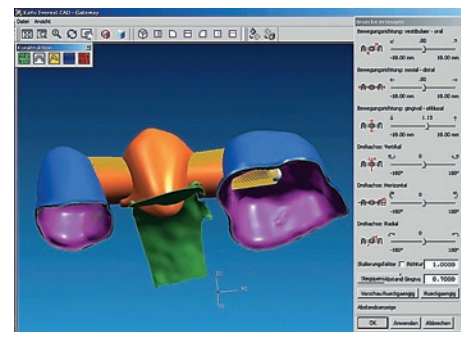


Рис.28. Промежуточная часть велика по высоте в области альвеолярного края (рабочее окно программы Everest)

тируя отсутствием в системах виртуального артикулятора. Следует отметить, что система Hint-Els поддерживает и возможность двойного сканирования, и предоставляет опции электронного артикулятора.

Трехмерные модели зубов предоставляются на выбор из банка данных (рис.33). Программа адаптирует выбранную модель в соответствии с ранее определенной границей препарирования. Обе системы обеспечивают достаточно широкие возможности модификации предлагаемой формы с целью ее индивидуализации. В системе Cerec inLab, например, на виртуальной модели зуба автоматически вырисовываются управляющие линии, соответствующие границе препарирования, экватору, вершинам бугров, центральной фиссуре (рис.34). Корректируя эти линии, видоизменяется форма зуба. Применяются алгоритмы определения зоны действия инструмента, сглаживания, долевого изменения формы зуба.

В системах Cerec inLab и Hint-Els имеется возможность контролировать и

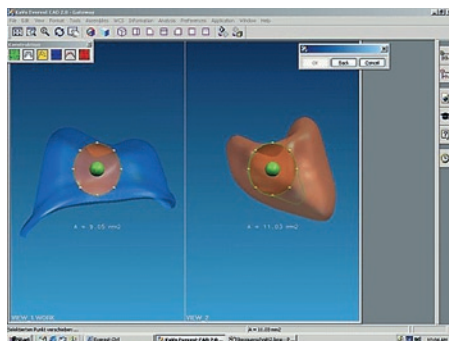


Рис.29. Положение места крепления коннектора к коронке и промежуточной части (Everest)

углов либо использует усредненные характеристики.

Заявлено, что новая программа для Cerec inLab поддерживает возможности индивидуального виртуального артикулятора. Однако эти возможности следует считать весьма условными. На самом деле программа позволяет дополнительно визуализировать отпечатки антагонистов

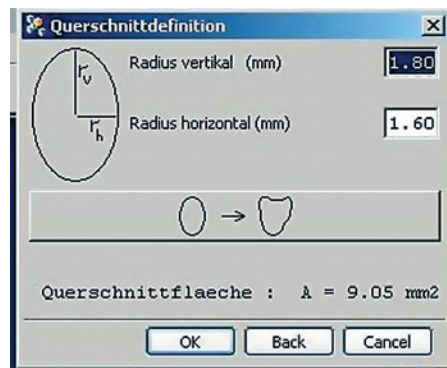


Рис.30. Выбор типоформы коннектора (Everest)

в правой и левой боковых окклюзиях. Они получаются путем дополнительного сканирования окклюзионных регистратов этих положений.

Работа с CAD\CAM системами требует от врача принимать во внимание некоторые особенности препарирования зубов. Следует иметь в виду, что минимальный диаметр фрезы составляет 1.0 мм. Это означает, что все грани на препарированном зубе должны быть закруглены и диаметр этих закруглений должен быть больше 1.0 мм. В противном случае не может быть обеспечена полная посадка конструкции. Учитывая подобное обстоятельство, производители систем закладывают возможность ручной подгонки каркасов на модели зубными техниками. Для этого предусматривается создавать каркасы большей толщины в этих участках. Например, система Everest делает это автоматически (рис.36).

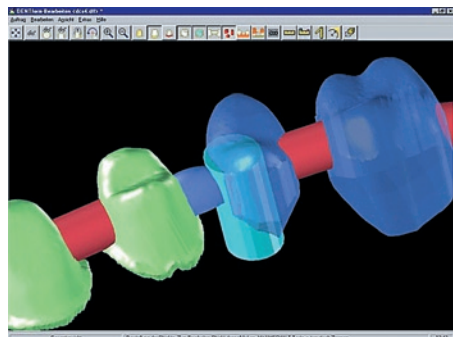


Рис.31. Моделирование каркаса составного мостовидного протеза (рабочее окно программы DCS)



Рис.32. Элементы замкового крепления на каркасе мостовидного протеза (фантомная работа выполнена системой DCS)

модифицировать локализацию, площадь и плотность контактов виртуальных искусственных коронок с антагонистами и соседними зубами (рис.35).

Система DCS может сканировать отпечаток антагонистов, визуализировать его на экране. Однако программа не проводит анализ достаточности места под облицовку. В качестве инструмента у оператора имеется «линейка» для проведения необходимых измерений.

Заканчивая рассмотрение программных возможностей систем, следует упомянуть об одной из полезных характеристик системы Hint-Els. Система может использовать виртуальный артикулятор. Эта возможность реализована следующим образом. Модели гипсуются в реальный артикулятор обычным способом посредством использования лицевой дуги. Затем модель устанавливается в сканер на подставку, которая имеет три реперных точки. Они позволяют программе идентифицировать пространственное положение модели, как в артикуляторе. Затем программа попросит ввести индивидуальные характеристики

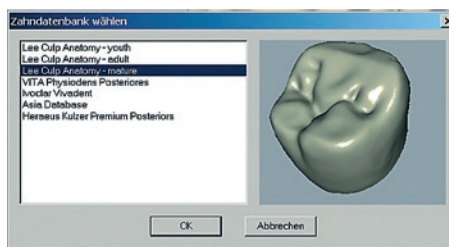


Рис.33. Трехмерная модель зубов из банка данных (Cerec inLab)



Рис.34. Управляющие линии на зубе из банка данных для его адаптации к границам препарирования (Cerec inLab)

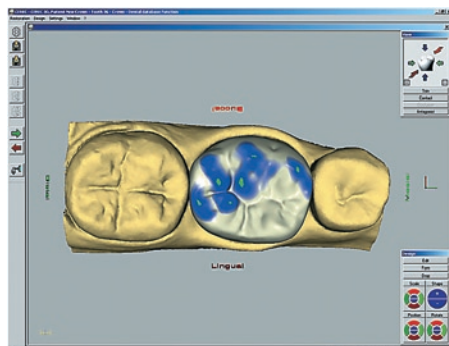


Рис.35. Программа Cerec отображает контакты с антагонистами

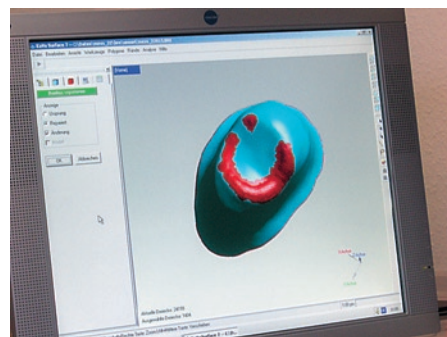


Рис.36. Автоматическое прибавление толщины каркаса (Everest)

CAD\CAM	Виды работ	Программные возможности
Cerec inLab	Каркасы коронок, каркасы мостовидных протезов, коронки, виниры, вкладки	****
Everest	Телескопические колпачки, каркасы коронок, каркасы мостовидных протезов, коронки, виниры, вкладки	***
Hint-Els	Телескопические колпачки, каркасы коронок, каркасы мостовидных протезов, коронки, виниры, вкладки	*****
DCS	Телескопические колпачки, каркасы коронок, каркасы мостовидных протезов, элементы замковых креплений, коронки, виниры, вкладки	***

Таблица 2. Сравнение программных возможностей систем

Используемые материалы

Система Cerec inLab

Предлагается к использованию четыре вида материала: шпинель, алюминия, циркония и иттриевый циркон.

Spinell представляет собой смесь оксида алюминия (Al_2O_3) – 72% и оксида магния (MgO) – 28%. Является самым прозрачным и наименее прочным из перечисленных материалов. Рекомендован для изготовления вкладок, виниров и коронок на фронтальные зубы.

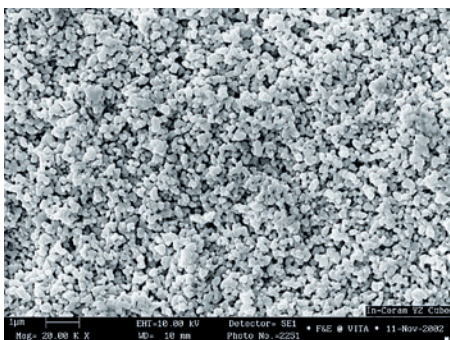


Рис.38. Пористая структура циркония до его синтеризации

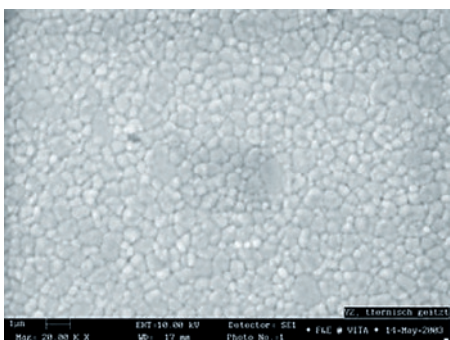


Рис.39. Плотная структура циркония после синтеризации

Alumina на 100% состоит из оксида алюминия. Рекомендован для изготовления коронок на передние и боковые зубы, мостовидные протезы на передние зубы.

Zirconia представляет собой смесь оксида алюминия – 67% и оксида циркония (ZrO_2) – 33%. Таким образом, данный материал не является тем оксидом циркония, что называется «твердым». Его

прочность на сжатие составляет 600 МПа (прочность на сжатие твердого циркона составляет 1100 МПа). Этот материал рекомендован для изготовления коронок и мостовидных протезов на боковые зубы. Теоретически он может быть использован и во фронтальной области, однако это не рекомендуется делать из-за его малой светопроводимости (рис.37).

IZ (иттриевый циркон) представляет собой смесь оксида циркония и оксида иттрия (Y_2O_3) -5%. Материал рекомендован для изготовления коронок и мостовидных протезов на передние и боковые зубы. До термической обработки материал имеет пористую структуру (мягкий циркон). Поры равномерно распределены по всему объему (рис.38). После термической обработки материал дает равномерную усадку и уплотняется (рис.39). Этот процесс называется синтеризацией. После него следует избегать необходимости механической обработки материала. В крайнем случае, это следует делать турбиной с водяным охлаждением.

Система Everest

Предлагаются к использованию титан, стеклокерамика, оксид циркония ZS (мягкий) и оксид циркония ZH (твердый).

Система Hint-Els

Возможно изготовление конструкций из следующих материалов:

- оксид циркония TZP G мягкий,
- оксид циркония TZP HIP твердый,



Рис.40. На шпинделе фиксируются одновременно 2 фрезы (Cerec inLab)

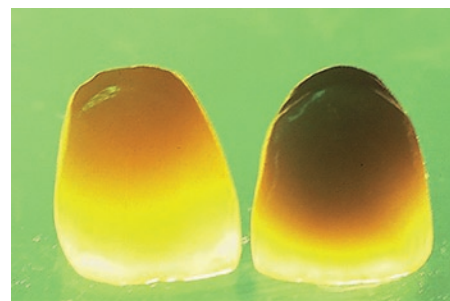


Рис.37. Каркас из оксида циркония придает меньшую прозрачность коронке (справа)

- титан,
- сплав титана AlNb,
- пластмасса Luxatec,
- CoCr сплав,
- наноциркон.

Система DCS

Предоставляет возможность фрезерования из:

- титана (DC-Titan),
- оксида алюминия (DC-Procura),
- стекловолокну (DC-Tell),
- твердого оксида циркония (с добавлением оксида иттрия) (DC-Zirkon),
- твердого оксида циркония (с добавлением оксида магния) (DC-Leolux),
- стеклокерамики (DC-Cristall, DC-Cream),
- беззолной пластмассы (DC-Cast),
- мягкого (неспеченного) оксида циркония (DC-Shrink),
- кобальта-хрома (DC-Croco),
- заготовок производства фирмы Vita (Германия) (например Vita-in-Ceram).

Фрезерование

Количество степеней свободы

В системе Cerec inLab фрезерование проводится одновременно двумя алмазными фрезами (одна цилиндрическая,



Рис.41. Блоки для фрезерования (Cerec inLab)

другая конусная) (рис.40). Диаметр алмазных зерен составляет 64 мкм. Препарирование одновременно с двух сторон уменьшает вероятность возможных неточностей, связанных с изгибом и вибрацией заготовки. Цилиндрические фрезы могут быть разных диаметров – 1,6 или 1,2 мм. Более тонкие фрезы имеют конус в 4.8° или 4.0° . Предлагается также цилиндрическая фреза, верхушка которой выполнена в виде конуса под углом 45° . Компания называет фрезеровальный центр 6-осевым, хотя на самом деле фрезерование проводится по трем осям, только одновременно с двух сторон.

Частота вращения обрабатывающих фрез составляет 40 000 об/мин. Шаг позиционирования заготовки составляет 12,5 мкм. Скорость фрезерования составляет 0,4-0,6 мм/мин (около 12 мин на один колпачок), точность фрезерования 30 мкм.

В системе используются блоки для фрезерования фирмы Vita и Ivoclar Vivadent разных размеров.

Блоки для фрезерования приклеены к держателям (рис.41). Отклеивание блока

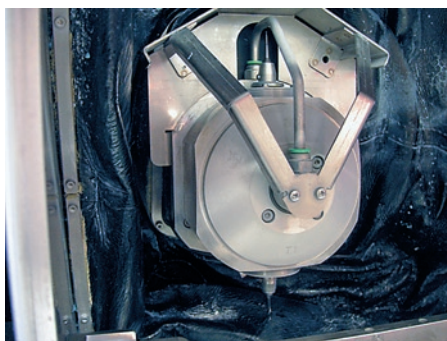


Рис.42. Фрезы в системе Everest закреплены на двойном шпинделе



Рис.44. Зажимной мост повернут для обслуживания заготовок



Рис.46. Зажимные мосты отличаются посадочными местами для заготовок



Рис.47. Высушивание заготовок бытовым феном

от держателя возможно, однако встречается крайне редко, при этом компания заменяет дефектный блок.

В системе Everest фрезерование проводится поочередно двумя фрезами (3 мм и 1 мм), которые закреплены на двойном шпинделе (рис.42). Компания рекламирует свой фрезеровальный станок как 5-осевой. В реальности же фрезерование проводится по 4 осям, а пластина (зажимной мост), удерживающая заготовку, переворачивается на 180° , обращая к фрезе наружную или внутреннюю ее части (рис.43,44).

Частота вращения шпинделя составляет 5000-80000 об/мин.

Система ориентирована в основном на работу с мягким цирконом. Поэтому в ней реализован оригинальный способ удержания заготовок. Они залиты специальным воском в формах, соответствующих отверстиям в зажимном мосту (рис.45,46).

По окончании фрезерования с одной стороны обработанная поверхность высушивается теплым, сухим воздухом



Рис.48. Расплавление воска техническим феном



Рис.50. Заготовки для фрезерования (Everest)

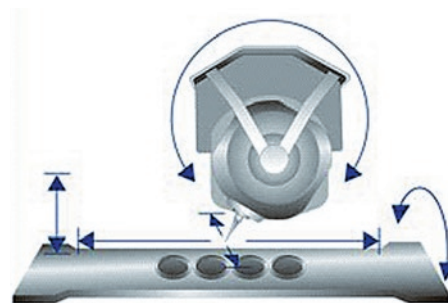


Рис.43. Схема осей движения инструмента фрезеровального центра (Everest)



Рис.45. Заготовки с указанным коэффициентом усадки зафиксированы воском

(используется обычный фен). Затем она заливается воском, который разогревается промышленным феном (рис.47-49).

После этого начинается фрезерование наружной поверхности. Фрезой диаметром 3 мм проводится грубая обработка, фрезой диаметром 1 мм выполняется финишная обработка. Наружную поверхность обычно обрабатывают только 3 мм фрезой.

Такой способ фрезерования позволяет эффективно и точно проводить обработку неспеченного циркона, готовая конструкция не требует дополнительной



Рис.49. Заливка воском отфрезерованной внутренней поверхности заготовки

обработки. Остатки воска удаляют в сушильном шкафу.

Заготовки для фрезерования выполнены в виде цилиндров разных диаметров и в виде прямоугольных блоков (рис.50).

Максимальные размеры мостовидного протеза не могут превышать в длину 45 мм.

Компания Hint-Els предлагает на рынок два фрезеровальных станка. Один

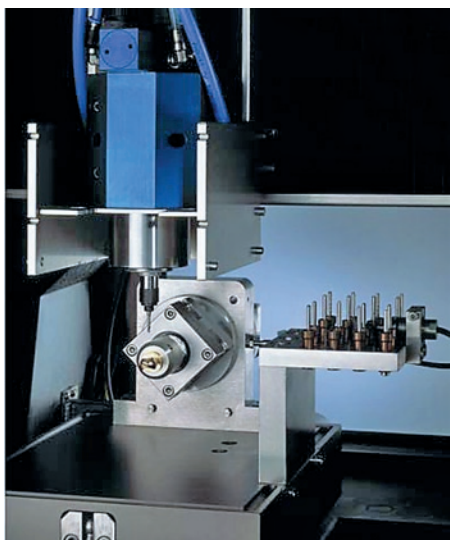


Рис.51. Рабочая камера фрезерного станка (Hint-Els)

4-осевой и другой 5-осевой. Для изготовления практически всех конструкций достаточно фрезерования заготовки по 3 осям, поскольку посадочные места всех ортопедических конструкций не должны иметь зон поднутрений и любой протез должен иметь хотя бы единственный путь введения. Кроме того, фрезерование по 3 осям занимает меньше времени. На 5-осевом станке можно проводить фрезерование по 3, 4 и 5 осям. Такой станок позволяет фрезеровать детали самой сложной формы, в том числе супраструктуры, и имеет большие перспективные возможности.

Фрезеровательный станок имеет магазин на 16 фрез. Их смена проводится автоматически (рис.51).

Частота вращения шпинделя составляет 10 000-80 000 об\мин.

Заготовки для фрезерования представлены в виде дисков диаметром 75 мм и высотой 11, 13 и 15 мм (из титана d=80 мм, h= 17 мм), а также в виде цилиндров диаметром от 10 до 16 мм и длиной 70 – 75 мм (рис.52 a,b).

Конструкция при фрезеровании сохраняет свое стабильное положение в заготовке за счет «ножек». Расположение этих ножек и их размер устанавливаются оператором (рис.53).

CAD\CAM	Виды фрез (диаметр\материал)	Расход фрезы
Cerec inLab	цилиндрической и конусной формы	На 15-20 единиц
Everest	Ø 3.0mm \ универсальная Ø 1.0mm	На 4 единицы по твердому циркону На 60 единиц по мягкому циркону На 10-15 единиц по титану
Hint-Els	DSB Ø 1.2mm \ циркон твердый DSB Ø 1.6mm DSB Ø 2.0mm DSB Ø 3.0mm VHM Ø 3.0mm \ титан VHM Ø 2.0mm VHM Ø 1.5mm VHM Ø 1.0mm	На 10-12 единиц На 20 единиц
DCS	Diamond burr 1 mm \ циркон Diamond burr 1.6 mm Diamond burr 2 mm Diamond burr 3 mm Diamond burr 5 mm Carbide End mill 1 mm\ титан Carbide End mill 1.5 mm Carbide End mill 2 mm Carbide End mill 3 mm	На 60 единиц На 60 единиц

Таблица 3. Виды фрез и их расход

Система DCS представляет 3-осевой фрезеровательный станок (рис.54).

Станок имеет магазин на 12 фрез (рис.55). По желанию заказчика он может быть увеличен до 22 фрез. Смена фрез проводится автоматически. В станке имеется 2 рамки для размещения заготовок (рис.56).

Для экономного использования блоков к каждому блоку придается карточка, которая запоминает, на каком участке блока проведено фрезерование (рис.57). Таким образом, блок может использоваться повторно, если размеры будущей



Рис.53. Отфрезерованная конструкция (Hint-Els)



Рис.52 (a,b). Заготовки для фрезерования (Hint-Els)

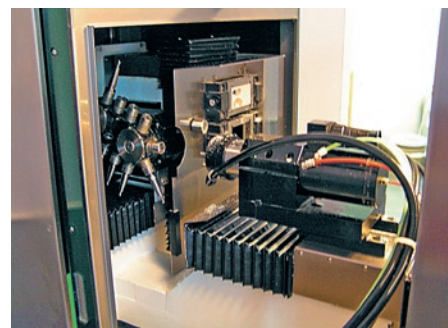


Рис.54. Рабочая камера фрезерного станка (DCS)

CAD\CAM	Вид работы	Время фрезерования (мин)
Cerec inLab	Колпачок коронки Каркас мостовидного протеза	12 50
Everest	Колпачок из титана из стеклокерамики из мягкого циркона из твердого циркона	40-45 45 35 120
Hint-Els	Колпачок из титана из мягкого циркона из твердого циркона	40-60 30 120
DCS	Колпачок из титана из магниевого циркона из иттриевого циркона	20-60 90-150 150-300

Таблица 4. Сравнение систем по продолжительности фрезерования

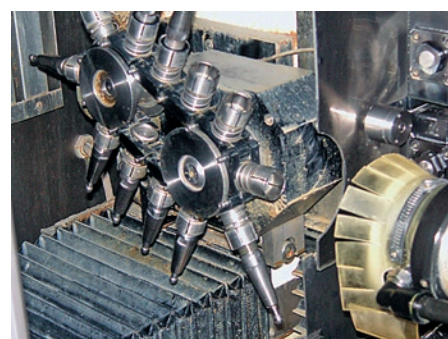


Рис.55. Магазин для фрез (DCS)

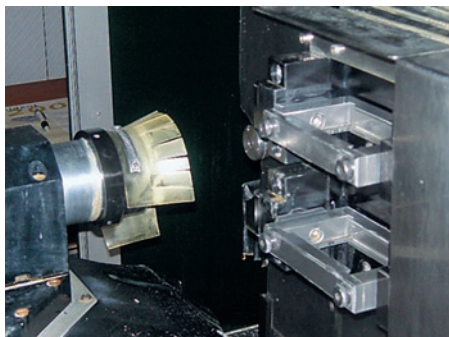


Рис.56. Рамки для заготовок (DCS)



Рис.58. Емкость с охлаждающей жидкостью (Everest)

конструкции вписываются в неизрасходованный участок блока.

Точность перемещения шпинделя фрезероальных станков систем Everest, DCS, Hint-Els очень высока и составляет 0.5-1.0 мкм.

С целью экономии времени и расхода фрез у всех систем предусмотрена возможность фрезерования внутренней поверхности с высоким качеством и наружной поверхности с меньшим качеством. В системе DCS предусмотрена возможность прецизионного фрезерования отдельных элементов конструкции (например замковых элементов).

Системы автоматически контролируют целостность и износ фрез.

Фрезерование может проводиться как «на сухую», так и с охлаждением. Охлаждение осуществляется водой с небольшим добавлением масла (3-5%). Не используется никаких специальных систем фильтрации или очистки. На баке ставится обычный недорогой фильтр, который можно купить в магазине. Чистится бак и фильтр 1 раз в месяц (1 раз в неделю при максимальной нагрузке) (рис.58).

Рабочая камера фрезероального блока чистится обычным способом по мере необходимости (рис.59).

Виды фрез и их расход (см. таблицу 3).

Время фрезерования (см. таблицу 4).

Дополнительное оборудование

Системы DCS и Hint-Els ориентированы в основном на работу с твердыми материалами только методом фрезеро-



Рис.57. Электронная карточка (DCS)

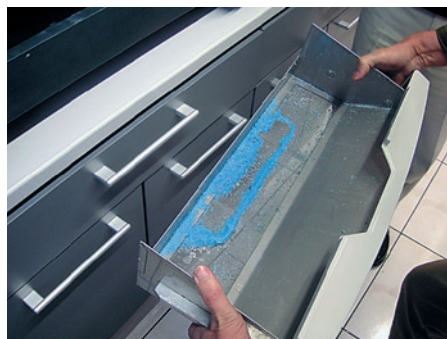


Рис.59. Очистка внутренней камеры фрезероального центра (Everest)

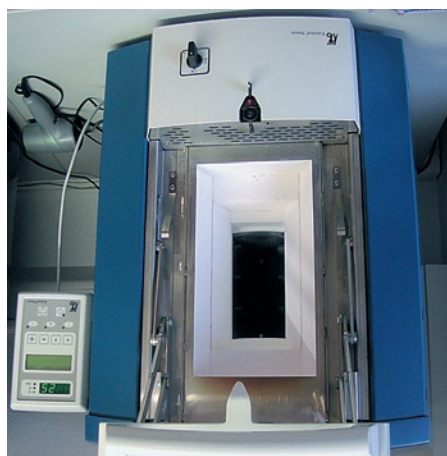


Рис.60. Термопечь (Everest)

вания. О возможности работы с неспеченным цирконом только упоминается, указывается на разработанную фирмой Vita специальную печь. Однако в реальной жизни пользователи этих систем не покупают и не пользуются этой печью, следуя логике разработчиков: «Зачем все эти сложности, если можно получить готовый продукт сразу фрезерованием».

Разработчики системы Everest придерживаются другой концепции. Основное направление системы – работа с неспеченным цирконом. К достоинствам своей концепции относят снижение времени фрезерования и расхода фрез при работе с неспеченным цирконом.

Уникальный материал при высокотемпературном обжиге дает равномерную усадку во всех направлениях. Такую возможность обеспечивает пористая структура материала. Поры сферической формы равномерно распределены по объему материала. При обжиге материал равномерно уплотняется.

Температурный обжиг обеспечивается специальным устройством (рис.60).

Обжиг проводится в течение 6 часов. Усадка материала заготовки известна заранее и указана на его маркировке. Величина этой усадки вводится оператором перед фрезерованием конструкции.

Несмотря на логическую безупречность технологии, в реальности зубные техники столкнулись с неточностью посадки каркасов после температурного обжига. Возможной причиной посчитали провисание промежуточной части. Для устранения этого недостатка было предложено укладывать конструкцию в специальный песок таким образом, чтобы каждый элемент конструкции имел подлежащую основу (рис.61). Подобное нововведение снижает вероятность деформаций, но не исключает их полностью.

Одновременно может проводиться обжиг 45 единиц конструкций.

В отличие от твердого циркона, сырой циркон может быть предварительно окрашен (рис.62). Окрашивание колпачка под основной цвет зуба облегчает последующую работу зубного техника по воссозданию цвета. Окрашивание осуществляется путем погружения в специальные растворы (рис.63).



Рис.61. Специальная тарелка с песком для размещения отфрезерованных конструкций перед обжигом (Everest)



Рис.62. Расцветка (Everest)



Рис.63. Окрашивание в специальном растворе методом погружения (Everest)

В системе Cerec inLab раскрашивающие каркасы для коронок и виниров позволяют получать заготовки трех основных цветов А, В и С. Этот процесс называется инфильтрацией стеклом. Для этого полученный каркас покрывается специальной суспензией (рис.64) и помещается в печь для температурного обжига. При этом может использоваться специальная печь фирмы Vita (рис.65) либо любая другая печь для обжига керамики, которая способна поддерживать температурный режим в 1150°C в течение 40 минут.

Система также поддерживает возможность работы с неспеченным цирконом, то есть программа увеличивает размеры заготовки при фрезеровании на величину усадки при обжиге, а для проведения самого обжига используется специальная печь фирмы Vita Inceramat 3 (рис.66).

Стоимость систем

Самой доступной в финансовом отношении является система Cerec inLab – ее стоимость составляет 34 349€. Однако необходимо также иметь в комплекте оборудования печь для обжига, которая стоит от 4400, и стартовый набор



Рис.64. Каркас покрывается специальной суспензией для последующего процесса инфильтрации (Cerec inLab)

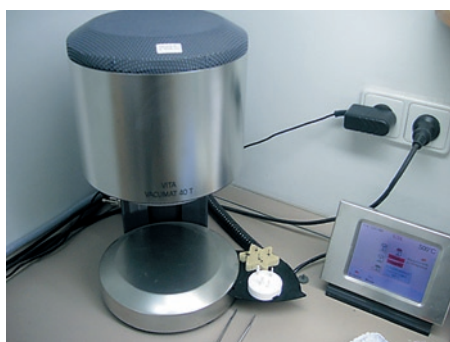


Рис.65. Печь для температурного обжига фирмы Vita

Ключ на (количество) единиц	Стоимость ключа (€)	Стоимость 1 единицы(€)
100	1700	17
200	2900	14,5
500	5900	11,8
1000	9100	9,1
Безлимитный	14700	-

Таблица 5. Стоимость «ключа» для работы системы Cerec inLab

инструментов и материалов стоимостью в 2000€. Итого общая минимальная стоимость оборудования для работы с системой Cerec in lab составляет 40 749€. При желании можно дополнить систему более производительным сканером InEos, проводящим сканирование всей модели в течение 1 минуты и с более расширенными программными возможностями. Данный сканер относится к дополнительному оборудованию, может устанавливаться в стоматологических клиниках, не имеющих собственной лаборатории. Его стоимость составляет 17 749€. К дополнительному оборудованию можно отнести печь для синтеризации иттрий-стабилизированного оксида циркония, стоящую 9600€.

Оборудование системы Everest стоит 140 000€. Суммируя стоимость печи для обжига и базовый набор оксида циркония – 35 000€, получим итоговую стоимость всей системы, равную 175 000€.

Стоимость системы DCS составляет 159 457€. Вместе со стартовым набором оксида циркония DC-Zirkon стоимостью 4560€ суммарная стоимость системы составляет 164 017€.

Система Hint-Els стоит 250 000€.

При желании работать с мягким цирконом производители систем DCS и Hint-Els предлагают дополнительно приобрести специальную печь для его обжига фирмы Vita стоимостью 13 000 €.

Себестоимость одной единицы продукции

Себестоимость 1 единицы готового изделия мы рассчитывали, исходя из стоимости расходного материала и стоимости инструментов, т.е. фрез.

В системе Cerec inLab на изготовление 1 единицы из материала Zirconia расходуется блок стоимостью 22 € и фрезы стоимостью 12 € (2 фрезы стоимостью по 6 €, которых хватает на изготовление 10 единиц). Необходимо также учесть стоимость стекла для инфильтрации – 6 € и стоимость «ключа».

«Ключ» – это некое средство, разрешающее и контролирующее количество изготавливаемых единиц конструкции. Его стоимость зависит от количества единиц (табл.5).

Таким образом, реальная стоимость системы Cerec inLab составляет 40749-+14700=55449 €, а «ключ» – это своего рода кредит на покупку системы. И так, при стоимости «ключа» на 1 единицу конструкции 11,8 € (лимит на 500 ед.) себестоимость 1 единицы будет составлять 41 €.

В остальных трех системах наиболее часто изготавливаются конструкции из двух материалов: оксида циркония и титана.

Титановая заготовка для системы Everest, из которой можно изготовить мостовидный протез в 3 ед., стоит 20,6€. Фрезы и специальный гипс обходятся в 18€. Стало быть, себестоимость 1 ед. будет равна 12,87 €. Так же рассчитывали стоимость 1 ед. каркаса из оксида циркония – заготовка и фрезы стоят 56,1 € и 19 € соответственно, т.е. себестоимость 1 ед. составляет 25,03 €.

В системе DCS себестоимость складывается аналогично. Титановая заготовка (DC-Titan), из которой в среднем можно отфрезеровать 11 ед., стоит 62,-28 €, т.е. на 1 ед. расходуется материал стоимостью 5,66 €. Пять карбидных



Рис.66. Печь для синтеризации циркона

фрез, стоимостью 31,8€ каждая (общая стоимость – 159 €), производят до 60 ед. Одним словом, стоимость фрез для вытачивания 1 ед. из титана составляет 2,65 €. Следовательно, себестоимость 1 ед. из титана будет составлять 5,66+2,65=8,31 €.

Система / Материал	Cerec inLab	Everest	DCS	Hint-Els
Титан	-	12,87€	8,31€	5,56€
Мягкий циркон	41€	25,03€	-	-
Твердый циркон	-	-	35€	19,84€

Таблица 6. Себестоимость изготовления единицы конструкции

Заготовка оксида циркония (DC-Zirkon) стоит 323,4 €. Разделив ее стоимость на 11 ед., получим 29,4€ – себестоимость материала на 1 единицу. Алмазные фрезы для оксида циркония стоят 67,2€ каждая. 5 фрез, вытачивающие 60 ед., обходятся в 336 €. Таким образом, на 1 ед. расходуются фрезы стоимостью 5,6 €. Себестоимость 1 ед. получается $29,4+5,6=35$ €.

В системе Hint-Els на изготовление 1 ед. коронки из титана затрачивается материала на сумму 1,8 €, а фрез – на 3,76 €, т.е. себестоимость коронки из титана получается равной 5,56 €.

Стоимость материала для одной коронки из оксида циркония равна 13,2 €, а фрезы – 6,64 €. Таким образом, 1 ед. коронки обходится в 19,84 €.

Для удобства анализа результаты расчетов суммированы в табл.б.

Разумеется, представленные цифры дают лишь приблизительное представление о себестоимости изготовления единицы конструкции представленными системами. Для более точного анализа, следовало бы учитывать амортизацию основного и дополнительного оборудования,

весь спектр расходных материалов, стоимость электроэнергии и рабочего времени и т.д., что может составить предмет отдельного самостоятельного исследования.

Анализ представленной информации позволяет сделать следующие выводы:

1. CAD\CAM системы изготовления зубных протезов перестали быть только интересными научными разработками, доказав свою практическую эффективность.

2. CAD\CAM технологии открывают новые уникальные возможности в ортопедической стоматологии.

3. Активное внедрение CAD\CAM технологий в стоматологическую практику предъявляет новые требования к стоматологическому образованию в России.

4. Предпочтения при выборе системы для практической работы, а также дальнейшие стимулы к их развитию сформируют широкое информирование пациентов и специалистов о разнообразных возможностях систем и практический опыт их использования.

Comparison of four different CAD\CAM systems (Cerec inLab, Everest, DCS и Hint-Els)

Ryahovsky A.N., DMS, professor, head of contemporary prosthodontics department of CSRID, Moscow

Karapetyan A.A., PhD, assistant of contemporary prosthodontics department, CSRID, Moscow

Trifonov B.V., PhD, head of prosthodontics department of state dental clinic № 1, Belgorod

Authors of the article make detail analysis of four CAD/CAM systems available in Russian dental market. These systems are: Cerec inLab (Sirona, Germany), Everest (KAVO, Germany), Hint-Els (Hint-Els, Germany), and DSC Precident (Switzerland). Different working parameters are compared: particularities of scanning process (time, preciseness, field), possibilities of computer designing, materials that can be used for processing prosthetic constructions, features of milling process (quantity of axes, tools types, construction types). Mathematical analysis of laboratory work with each system is represented.

Лидер стоматологического рынка Приморского края George Dental Group (г. Владивосток) в связи с развитием сети клиник и созданием новых рабочих мест приглашает на работу талантливых, амбициозных и стремящихся к профессиональному росту зубных техников.

George Dental Group также готова рассмотреть вариант о заключении контракта на 1-2 года с условием передачи опыта другим техникам по направлениям: бюгельное протезирование, безметалловая керамика, металлокерамика (в т.ч. на имплантатах и золотосодержащих сплавах).

Узнать больше о компании Вы сможете на корпоративном сайте www.gdg.ru или по телефону **8-914-790-21-01**. Также на сайте Вы сможете заполнить и отправить нам свою анкету (раздел «Карьера в GDG»).



George Dental Group
сеть стоматологических клиник

George Dental Group гарантирует:

- ✓ Высокую заработную плату;
- ✓ Ежегодное обучение новым мировым технологиям с участием зарубежных и российских специалистов;
- ✓ Полный социальный пакет (в т.ч. Добровольное Медицинское Страхование);
- ✓ Оплату проезда в г. Владивосток;
- ✓ Решение жилищного вопроса на период адаптации (далее по договоренности);
- ✓ Работу в лаборатории, отвечающей всем мировым требованиям.

George Dental Group - гарантии успешного профессионального роста!