

# Крепнет связь *Freeform* с производством

© 2004 CAD/CAM Publishing, Inc. CAD/CAM Net (11.03.2004)

Большинство популярных сегодня трехмерных CAD-систем (включая *CATIA V5*, *Unigraphics*, *SolidWorks*, *Solid Edge* и *Autodesk Inventor*) построены на общем подходе к моделированию, пионером которого был пакет *Pro/ENGINEER* компании *Parametric Technology*. И сам *Pro/E*, и его аналоги хороши при проектировании промышленных машин, детали которых имеют сравнительно простую геометрию, получаемую вращением, протяжкой или выдавливанием контуров, образованных аналитическими кривыми.

Однако если для создания 3D-модели нужны кривые и поверхности произвольной формы, то работа с такими моделями в системах на базе конструктивных элементов становится достаточно трудной. Зачастую конструктору приходится идти путем проб и ошибок, выбирая один из множества подобных, но всё-таки отличающихся методов твердотельного и поверхностного моделирования. Стыковка поверхностей, построение оболочек, добавление уклонов на литые детали – всё это может требовать более сложных процедур, чем обычно. По этим причинам многие дизайнеры, стилисты и художники, для которых важен как раз внешний вид изделий, до сих пор предпочитают создавать концептуальные модели из глины, дерева или пенопласта.

Система *Freeform* компании *Sensable Technologies* – один из редких CAD-продуктов, который способен создавать 3D-модели изделий сложной формы без досадных недостатков обычных твердотельных систем. Это стало возможным потому, что *Freeform* построена на других принципах. Вместо того чтобы задавать границы твердотельных элементов (**b-rep** – *boundary representation*), эта система оперирует объемными элементами (*volume elements* – **voxel**), из которых можно лепить подобно виртуальной глине. Внесение изменений в модели *Freeform* не приводит к ошибкам, потому как нет необходимости в перестройке геометрии. Если форма изделия не удовлетворяет проектировщика, он может добавлять или удалять материал в любом месте до тех пор, пока не придет к желаемому результату.

С тех пор как *CAD Report* последний раз рассказывал о *Freeform*, вышло уже три версии этого ПО (см. *Observer* #1/2001). В то время *Sensable* в

Построить фигурку Лизы Симпсон при помощи CAD-системы, подобной *Pro/E*, было бы проблематично



основном расширяла свою клиентскую базу среди производителей игрушек и обуви. Но за истекший период компания добавила в свой продукт множество новых возможностей, облегчающих путь от CAD-прототипа до оснастки. Стали появляться и такие функции, которые должны заинтересовать специалистов в области промышленного дизайна.

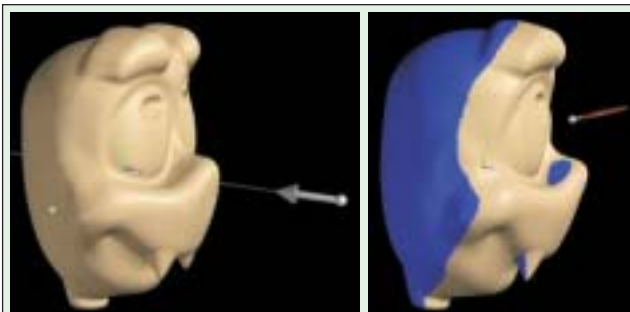
## *Freeform Modeling Plus 7.0*

В течение многих лет система *Sensable Freeform* была исключительно инструментом для моделирования игрушек, статуэток и декоративных объектов. Физические прототипы моделей, созданных во *Freeform*, могут быть изготовлены из CAD-файлов фрезерованием на станках с ЧПУ или при помощи методов быстрого прототипирования – например, стереолитографии.

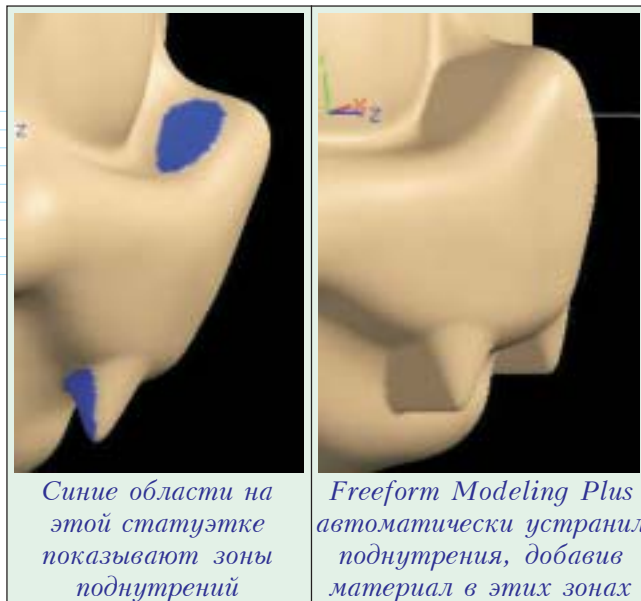
Самая мощная конфигурация CAD-пакета от *Sensable* сейчас называется *Freeform Modeling Plus* (в отличие от более новой и менее дорогой версии под названием *Freeform Concept*). Поставки 7-й версии *Freeform Modeling* компания начала в феврале 2004 года. Эта версия включает целый ряд новых инструментов, помогающих инженерам преобразовывать виртуальные прототипы в пресс-формы, необходимые для массового производства.

## Анализ литьевых уклонов

Сделана ли деталь из пластика, металла или керамики – поднутрения на детали не позволят извлечь её из формы. *Modeling Plus 7.0* помогает находить поднутрения и устранять их еще на этапе проектирования изделия. Прежде всего, конструктор определяет ось, вдоль которой двигаются половинки формы при раскрытии (инструментальщики называют эту ось направлением разъема).



Ориентацию вектора, задающего направление разъема (левая картинка), можно изменять в интерактивном режиме, минимизируя таким образом зоны поднутрений. Синим цветом на модели выделены поверхности, имеющие обратный уклон



Синие области на этой статуэтке показывают зоны поднутрений

Freeform Modeling Plus автоматически устранил поднутрения, добавив материал в этих зонах

В обычных CAD-системах направление разреза должно быть определено существующей геометрией – к примеру, планом, осевой линией или прямой кромкой детали. Freeform Modeling Plus позволяет управлять вектором направления разреза динамически – просто перетаскивая его в интерактивном режиме. Наблюдая, как изменяются при этом области поднутрений, конструктор может визуально оптимизировать ориентацию детали для минимизации этих областей.

Как только лучшее направление разреза найдено, Freeform Modeling Plus может автоматически устранить оставшиеся поднутрения – добавляя или удаляя материал (по выбору конструктора). Можно также устранять их и вручную. В обычных CAD-системах, использующих граничные представления (b-reps), подобные операции были бы крайне трудны, если не невозможны.

## Проектирование разреза детали

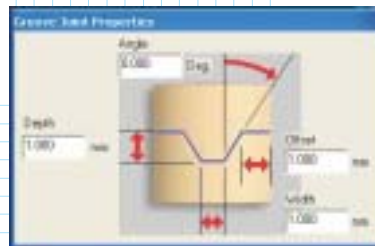
Литые изделия, такие как игрушки, часто изготавливаются из двух половинок, которые затем склеивают вместе. Седьмая версия Freeform Modeling Plus имеет функции, способные облегчить этот процесс.



На протяжении многих лет Freeform предлагает исключительно сильные возможности для разработки твердотельных моделей в виде тонкостенных оболочек. Система обладает достаточной интеллек-

Индикаторы кривизны, наложенные на линию разреза модели, помогают определить места, где лучше сгладить эту кривую

туальностью для того, чтобы превратить в твердое тело поверхности, имеющие очень сложную форму с мелким рельефом. При использовании традиционных моделиров эти поверхности неизбежно пересекали бы сами себя, вызывая ошибки.

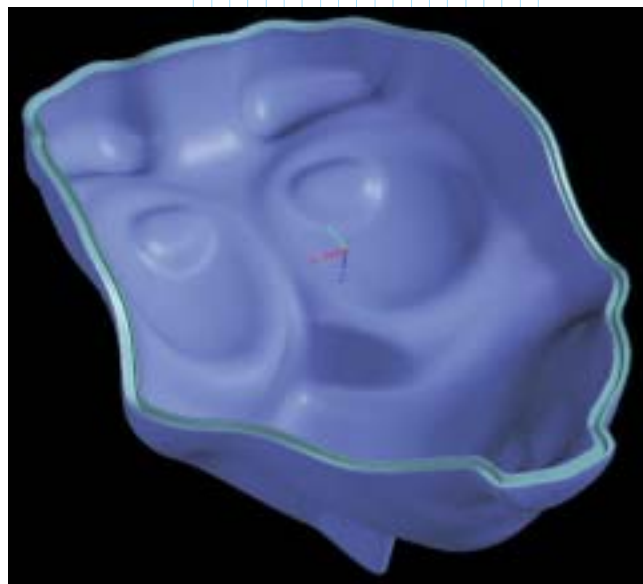


Диалоговое окно для создания профиля линии стыка в Freeform Modeling Plus 7

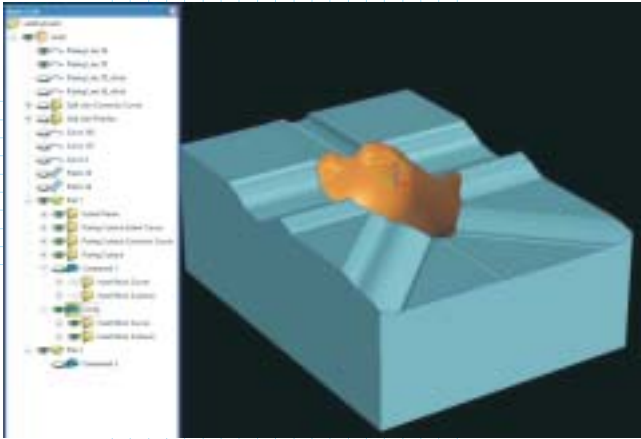
После того, как твердотельная модель преобразована в тонкостенную оболочку, можно с помощью инструментов анализа уклонов автоматически получить линию стыковки половинок детали. Однако на сложных поверхностях линия может оказаться недостаточно плавной для того, чтобы обеспечить хорошее клеевое соединение. Поэтому 7-я версия Freeform была дополнена инструментами, позволяющими подкорректировать и сгладить эту линию, разделяющую изделие на две части.

Далее, когда линия разреза сглажена, Modeling Plus 7 помогает инженерам спроектировать клеевое соединение и разделить модель на две половинки. В диалоговом окне можно изменять четыре параметра, управляющие формой стыка.

После разделения детали обе её половинки сохраняются в формате, аналогичном формату STL, который применяют системы быстрого прототипирования. При помощи методов быстрого прототипирования или путем обработки на фрезерном станке с ЧПУ можно изготовить физические образцы этих половинок, которые затем могут быть использованы при тестировании изделия. Сохраненные 3D-модели также могут пригодиться для создания вставок матрицы и пуансона пресс-формы.



Клеевой стык на одной из половинок модели



*Законченная вставка матрицы, сделанная в Freeform Modeling Plus (в дереве построений отображаются кривые и поверхности модели)*

### Вставки пуансона и матрицы

Процесс создания вставок пуансона и матрицы для фасетных моделей *Freeform* похож на процесс в таких системах, как *Unigraphics Mold Wizard* или *SolidWorks 2004*. Вначале по линии разъема конструктор строит поверхность разъема, после чего использует её как одну из поверхностей блока матрицы или пуансона. В системе *Modeling Plus* при желании можно конвертировать фасетные поверхности в *NURBS*, что может оказаться полезным при проектировании внутренних поверхностей пресс-формы.

Как только вставки пресс-формы созданы, они могут быть импортированы в традиционные системы *CAD/CAM* – такие как *Unigraphics Mold Wizard*, *IMOLD* и *MoldWorks* для *SolidWorks*, *Expert Mold Base* для *Pro/ENGINEER*. В этих системах конструктор может добавить литниковую систему, каналы охлаждения, выгалькиватели и другие детали, необходимые для завершения проектирования пресс-формы. Поверхности вставок также можно обработать на станках с ЧПУ, используя для создания УП автономные *CAM*-системы или интегрированные *CAM*-приложения *Pro/E* и *Unigraphics*. Система *Freeform* экспортирует модели в форматах *IGES* и *STL*.

В отличие от обычных *CAD*-систем, *Freeform Modeling Plus* не поддерживает ассоциативную связь между разделенными моделями половинок и оригинальной скульптурной моделью. Следовательно, коррекции оригинальной модели не отражаются автоматически в разделенной модели или во вставках пресс-формы. Если изменения появляются после того, как началось проектирование инструмента, конструктор должен начинать проект заново.

Подобные изменения могут занимать много времени. По данным *Sensable*, деление сложных моделей может занимать три часа и более. Для создания вставок матрицы и пуансона требуется еще больше времени. Следовательно, эффективность работы пользователей *Freeform* будет выше в том

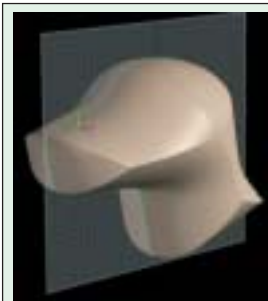
случае, если они утверждают форму исходной модели до начала проектирования инструмента и в дальнейшем не станут её менять.

### Импортирование данных

Сегодня *Freeform Modeling Plus* может импортировать и экспортировать *CAD*-данные в форматах *IGES* и *STL*. Импортированные модели могут быть использованы как основа для дальнейшего проектирования. Например, грубая модель игрушки может быть создана в системе типа *Pro/E* или *SolidWorks*, а затем прочитана в *Freeform* – для того, чтобы “выгравировать” на ней мелкие детали, такие как глаза, текстуры дерева или камня, одежда. Модель блока для батареек, разработанную в традиционной *CAD*-системе, можно импортировать в *Modeling Plus* и вставить в проект игрушки. В результате конструктор получит возможность “лепить” формы игрушки вокруг этого блока, не заботясь о том, достаточно ли места для батареек.

### Новые инструменты проектирования

Помимо более тесной связи с традиционными *CAD/CAM*-системами, *Freeform Modeling Plus* позволяет моделировать детали, используя кривые и поверхности. К примеру, с помощью линий, дуг или сплайновых поверхностей можно нарисовать на плане профили. Затем к этим профилям могут быть применены операции *extrude* (вытяжка), *revolve* (поворот вокруг оси), или же они могут быть “раздуты”. Это позволяет создавать формы, которые послужат затем в качестве отправной точки. Такой подход экономит время по сравнению с тем, когда моделирование начинается с примитивного конструктивного элемента типа блока, цилиндра или сферы. Для того, чтобы достроить на модели дополнительные конструктивные элементы, достаточно добавить граничные кривые на поверхностях и “вытянуть” (*pulling out, pulling up*) по ним материал.

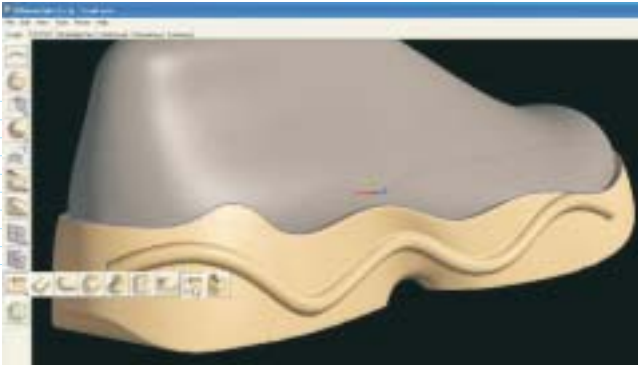


« Эта мордочка была “раздута” из двухмерного профиля



Для создания «одной брови» была построена граничная кривая, в пределах которой “вытянули” материал. Вторую бровь *Freeform Modeling Plus* сформирует за одну операцию – как зеркальное отображение объекта относительно плана симметрии

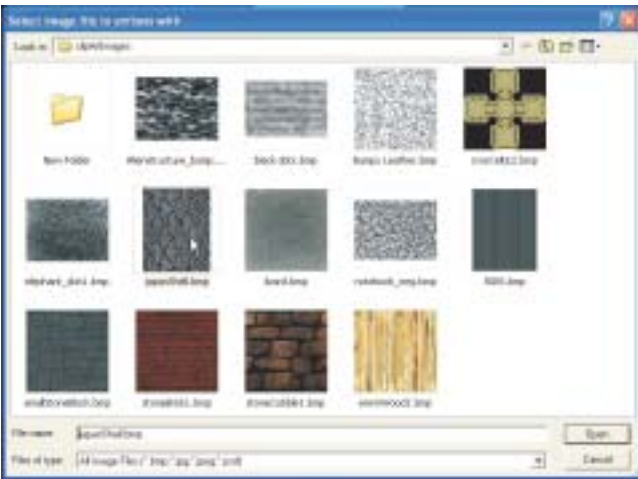




Для построения этого выпуклого буртика на боковой стороне подошвы была построена кривая, а затем применена команда groove (паз)

Конструктор может также воспользоваться направляющими кривыми для построения канавок и буртиков. Эти кривые могут быть построены непосредственно на криволинейных поверхностях модели. Кроме того, они могут быть нарисованы на плане и спроектированы на поверхность – как это обычно и делается в CAD-системах, опирающихся на граничные представления.

Другая интересная возможность *Freeform Modeling Plus* – использование рельефных и гравированных текстур. Карты текстур в традиционных CAD-системах применяются для визуализации



*Freeform Modeling Plus* позволяет выбирать текстуры из меню и накладывать их на 3D-модели



Текстура на подошве обуви (система масштабирует рисунок в соответствии с размером детали)

модели на дисплее компьютера или при распечатке на принтере. Текстуры в *Freeform*, помимо этого, еще и переносятся на деталь в виде реальной гравировки при её изготовлении методами *HSM* или быстрого прототипирования. Такая 3D-гравировка необходима в различных областях – от производства украшений до игрушек и обуви.

### Средства визуализации

Последняя версия *Freeform* включает новые инструменты для создания более реалистичных изображений. Например, конструктор может “покрасить” изделие с помощью виртуального аэрографа. Кроме того, в систему интегрировано программное обеспечение **Mental Ray** компании **Mental Images**, позволяющее создавать фотореалистичные сцены, использовать свет и текстуры.



*Freeform 7.0* позволяет создавать цветные фотореалистичные изображения, используя ПО **Mental Ray**

### Нужна ли вам эта программа?

*Freeform Modeling Plus* использует собственное периферийное устройство с обратной тактильной связью (*force-feedback*) под названием **Phantom Desktop** – как для управления курсором, так и для “осознания” виртуальной глины при создании формы. Применение *Phantom* требует некоторого обучения и опыта – точно так же, как это необходимо и скульптору, работающему резцом или тьюбиком с пастой. Использование, помимо скульптурных приемов, еще и других, более традиционных CAD-инструментов (создание кривых и поверхностей, проектирование пресс-форм), дополнительно усложняет работу. Поэтому для овладения системой в совершенстве требуются обучение и практика.

Тем не менее *Freeform Modeling Plus* предлагает наиболее быстрый и мощный способ разработки

изделий, имеющих мелкие детали или сложную форму. Если ваша компания разочарована возможностями моделирования подобных изделий или внесения в них изменений, то приобретение рабочего места *Freeform Modeling Plus* в дополнение к обычным *CAD*-системам может оказаться примером хороших инвестиций.

Альтернативой *Freeform* является создание натуральных образцов с последующим привлечением систем обратного инжиниринга (таких как **Geomagic** или **Rapidform**) для преобразования этих физических моделей в *CAD*-модели. Однако программы обратного инжиниринга достаточно трудны для самостоятельного изучения. К тому же использование “цифровой глины” упрощает и ускоряет внесение изменений и создание модификаций.

В США *Freeform Modeling Plus* стоит **24 150 долл.** (плюс 4 000 долл. за поддержку и апгрейд). В комплект поставки входит устройство *Phantom Desktop* (но, естественно, не входит рекомендованная двухпроцессорная рабочая станция с *RAM 2÷4Gb*). Кроме того, *Sensable* продает более дешевую версию *Freeform Modeling* за **15 000 долл.** В отличие от версии *Plus*, в



*Phantom Desktop – устройство ввода, входящее в комплект Freeform Modeling Plus*

ней урезаны возможности моделирования, а также импорта/экспорта *IGES*-файлов. Более подробная информация доступна на сайте <http://www.sensable.com>. 