

УДК 681.6

ПРОБЛЕМЫ 3D-ПЕЧАТИ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Синюк Б.В., студент, ТПС ХНУ им. В.Н. Каразина
Кузнецова В.С., студентка, МСТ ХНУРЭ
Стервоедов Н.Г., к.т.н., доцент, ЭУС ХНУ им. В.Н. Каразина
Вовк А.В., к.т.н., доцент, МСТ ХНУРЭ

Аннотация. Рассмотрены различные дефекты при 3D-печати и методы их устранения, как при печати пластиком, в практическом случае, так и теоретически в ювелирной печати, с помощью современных технологий для 3D-печати в ювелирном изделии.

Ключевые слова: 3D-ПЕЧАТЬ, 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, ДЕФЕКТЫ, ИСКАЖЕНИЯ, МОДЕЛЬ.

При 3D моделировании мастер-моделей ювелирных изделий необходимо учитывать основные параметры ювелирных технологий (высота элементов крепления, глубина посадочных мест, усадка по металлу, т.д.), а также возможности 3D печати, что накладывает определенные ограничения [1]:

- герметичность – модель представляет собой один замкнутый объект;
- нормали не должны быть вывернуты наизнанку. Если поверхность имеет вывернутую нормаль, принтер не сможет корректно определить внутреннюю и наружную стороны модели;
- объекты должны быть многообразны. Сетка будет не многообразной, если она имеет ребра, которые являются общими между более чем двумя сторонами;
- толщина объектов должна быть соблюдена. Для 3D печати и для ювелирного производства минимальная толщина не должна быть меньше 0,2 мм.

При использовании для моделирования ювелирных изделий программы Rhinoceros 3D необходимы следующие действия перед экспортом модели:

- проверка модели инструментом Show edge ,который отображает красным те места модели, где не соединены ребра или есть какой-то разрыв;
- измерение технологических толщин скриптом Find Clearance & Thickness и сопоставление их с минимальными возможными.

После моделирования и исправления недостатков нужно конвертировать модель в формат STL, предназначенный для печати. Перед этим шагом необходимо проверить, чтобы масштаб был установлен в миллиметрах. У STL-файлов нет единиц измерения, потому что корректная установка масштаба перед экспортом – единственная возможность получить верные размеры модели при печати.

Далее необходимо проверить и устранить возможные ошибки конвертации и моделирования, зачастую не видимые в программах создания модели, иначе при 3D печати могут возникнуть различные дефекты, даже из-за мельчайшей ошибки, вплоть до невозможности печати.

Rhinoceros 3D хорошо взаимодействует с Magics RP.

Magics RP – программой для подготовки модели к печати, а так же анализа веса и затрат материала, имеет наглядные инструменты для определения проблем в STL-файлах. Позволяет разделить модель на детали более точно, исходя из целостности конструкции, сохранить сборку, сделать выборку нужной толщины в любой детали.

Красный цвет всей модели или ее сегментов сигнализирует о наличии ошибок.

Сетка 3D-модели должна быть однородной, а модель представлять собой замкнутый объект. Типичные ошибки, которые могут возникнуть:

- отверстия в сетке, возникающие тогда, когда не создана грань или не заполнена отдельная часть геометрии;

- совпадающие ребра, возникающие в случае наличия двух отдельных, необъединенных ребер, расположенных в одном и том же месте. Смежные ребра должны соединяться посредством одного единственного ребра;

- внутренние грани (грани внутри модели). Модель может быть герметичной, но присутствие внутри сетки внутренних граней вызовет ошибку. Необходимо удалить все внутренние грани;

- налагающиеся грани (возникают при создании дополнительной поверхности поверх существующей). Их трудно обнаружить из-за опоры на одни и те же вершины. Привязка граней проверяется передвижением ребер в разные стороны;

- общие ребра (ребра связывающие более двух граней). Каждое из ребер должно связывать только две смежных грани;

- геометрия нулевой толщины, т.е. без заданной глубины. Необходимо проверить наличие параметра «толщина» у каждой поверхности или грани, учитывая минимальную возможную толщину при печати.

Проверка и исправление ошибок выполняется с помощью функции fix wizard. Зачастую хватает автоматического исправления ошибок с ее помощью, но есть также возможность полуавтоматического исправления, при более серьезных ошибках. Перед печатью необходимо убедиться, что исправленная модель выглядит точно так же, как в исходном файле. В некоторых случаях программа может закрыть те отверстия, которые изначально планировались в модели.

При производстве мастер-моделей ювелирных изделий, помимо ошибок в процессе 3D моделирования, необходимо учитывать появление дефектов 3D печати и применять меры по устранению их появления. На практике чаще всего приходится сталкиваться со следующими дефектами, характерными 3D принтерам [2, 3].

Коробление (рис. 1) – пластик начинает уменьшаться в объеме из-за перехода из жидкого в твердое состояние и изменения температур. Процесс проходит неравномерно – сначала остывают края, а затем центральная часть. Возникают внутренние напряжения, которые отрывают края или ломают деталь.

Избавиться от термического сжатия или усадки невозможно, его можно только скомпенсировать. Линейная усадка составляет 0.5-0.9%, объемная будет больше.

Способы устранения:



Рисунок 1 – Коробление

– делать внешний контур – печать внешнего слоя вокруг детали (закрытая камера печати). «Термобарьер» вокруг детали поддерживает температуру по объему, что приводит к равномерному распределению напряжений по детали;

– уменьшить заполняемость – меньше пластика, меньше чему сжиматься – меньше усилие отрыва;

– использовать горячий стол – прогрев нижних слоёв дает равномерное распределение напряжений внутри детали;

– использовать конструктивные элементы. Во-первых, проверить, что деталь хорошо лежит на столе, – если плоская грань детали вовсе не плоская, то она легко оторвется. Во-вторых, если понимать физику процесса, можно или где-то добавить материала, или сделать дырку в детали и пр. Таким образом искусственно создаётся перераспределение напряжений в детали;

– увеличить силу сцепления – не бороться с напряжениями, а обеспечить необходимую силу сцепления. Следует учитывать, что эти напряжения останутся, и деталь можно легко сломать в этом месте.

Перекас (рис. 2) – вертикаль не соблюдается, слои не ложатся ровно друг на друга. Возможно несколько вариантов данного дефекта. Либо слои просто неровно ложатся, либо модель печатается как-то кусками, либо просто легкий перекас.



Рисунок 2 – Перекас

Дефект связан с механической частью принтера. Из-за трения фактический путь печатающей головки не сходится с тем, что был заложен в машину.

Возможные причины:

– если принтер просто смещает слои друг относительно друга, то вполне возможно, что не обеспечена фиксация шкивов должным образом;

– не обеспечивается перпендикулярность – из-за плохого крепления может не обеспечиваться перпендикулярность осей X и Y;

– печатающая платформа не стационарна – стекло может начать елозить в принтере, причем в одном направлении – необходимо обеспечить его фиксацию;

– движения печатающей головки – возникают проблемы при её перемещении, можно подвигать головку без питания, она должна двигаться без проблем.

Внешние провисания (рис. 3) – потеки, пластик между двумя деталями. Во время перехода печатающей головки от одной детали к другой или от одного крупного элемента большой детали к другому, возникает длинный тонкий слой пластика. Возникает из-за того, что пластик, который остается на кончике сопла, под действием силы тяжести и трения зацепляется за одну деталь и начинает тянуться по воздуху. В зависимости от параметра текучести и времени затвердевания разные пластики по-разному проявляют данный дефект.

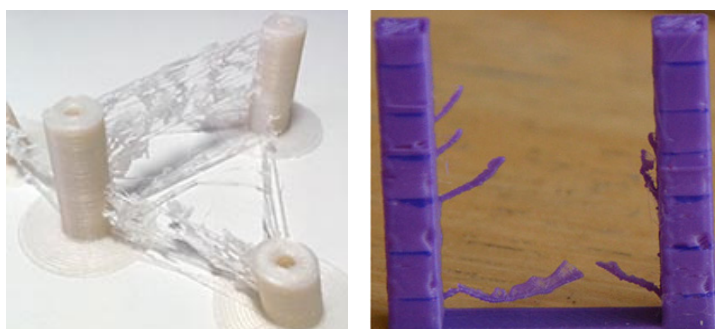


Рисунок 3 – Провисание

Использование поддержек (рис. 4). Поддержки требуются в случаях, когда один или несколько элементов модели начинают печататься висящими в воздухе – например, свесившееся вниз крыло птицы – или же когда связь с опирающейся на подложку моделью недостаточная для качественной пропечатки.



Рисунок 4 – Использование поддержек

В большинстве случаев создаваемых автоматически поддержек «штатным материалом» в слайсерах достаточно, но иногда лучше переработать или по-иному развернуть печатаемую модель, нежели использовать поддержки, т.к. необходимость их использования приводит к снижению качества конечного результата. Например, в случае с буквой «Т», её лучше развернуть так, чтобы она, наклонившись, опиралась на подложку двумя точками. Поддержки представляют собой тонкостенные легко отламываемые подпорки. К сожалению, они нередко

вплавляются в стенки модели, усложняя отделение. Нижняя плоскость модели, лежащая на этих суппортах, получается не самого лучшего качества.

Другой способ создания поддержек – это применение двухэкструдерных принтеров для печати поддержек из растворимого пластика (рис. 5). После печати материал поддержки растворяется, оставляя саму модель в целости и сохранности.

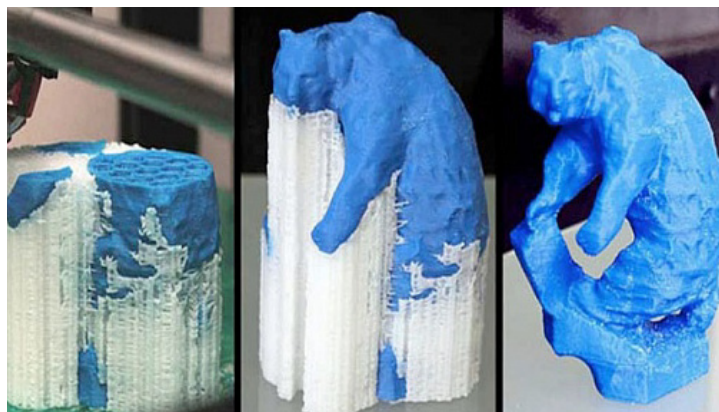


Рисунок 5 – Печать поддержек из растворимого пластика

Типовой материал для поддержек – PVA (поливинилацетат). Этот пластик растворяется в воде – модель после распечатки достаточно кинуть в воду, и PVA пластик достаточно быстро в ней растворится.

Второй материал для создания поддержек – HIPS. Данный пластик растворяется в Лимонене – очищенном цитрусовом масле. Лимонен не взаимодействует с PLA и ABS пластиками.

Недостаток использования пары HIPS+лимонен вместо PVA+вода – химию довольно сложно купить, тогда как вода куда более доступна.

В заключение можно отметить, что дефекты при изготовлении мастер-моделей ювелирных изделий бывают разными. Они могут быть вызваны различными факторами, связанными как с характеристиками используемых материалов, так и с конструкцией 3D принтеров. Большинство дефектов, связанных с конструкцией мастер-модели можно устранить на этапе допечатной подготовки, используя специализированное программное обеспечение.

Литература.

1. Правила 3D-моделирования | 3DPrintus – онлайн-сервис 3D-печати. – Режим доступа: [www / URL : http://3dprintus.ru/support/article/Rules_of_3D-modeling/](http://3dprintus.ru/support/article/Rules_of_3D-modeling/) – 24.04.2016. – Загл. с экрана.
2. Распространенные ошибки при моделировании для 3D печати. – Режим доступа: [www / URL : http://www.itshop.ru/Rasprostranennye-oshibki-pri-modelirovanii-dlya-3D-pechaty/I9i34590](http://www.itshop.ru/Rasprostranennye-oshibki-pri-modelirovanii-dlya-3D-pechaty/I9i34590) – 25.04.2016. – Загл. с экрана.
3. Описание дефектов при 3D-печати. – Режим доступа: [www / URL : http://3dtoday.com/blogs/leoluch/defects-3d-printing-will-try-to-introduce-a-classification/](http://3dtoday.com/blogs/leoluch/defects-3d-printing-will-try-to-introduce-a-classification/) – 22.04.2016. – Загл. с экрана.