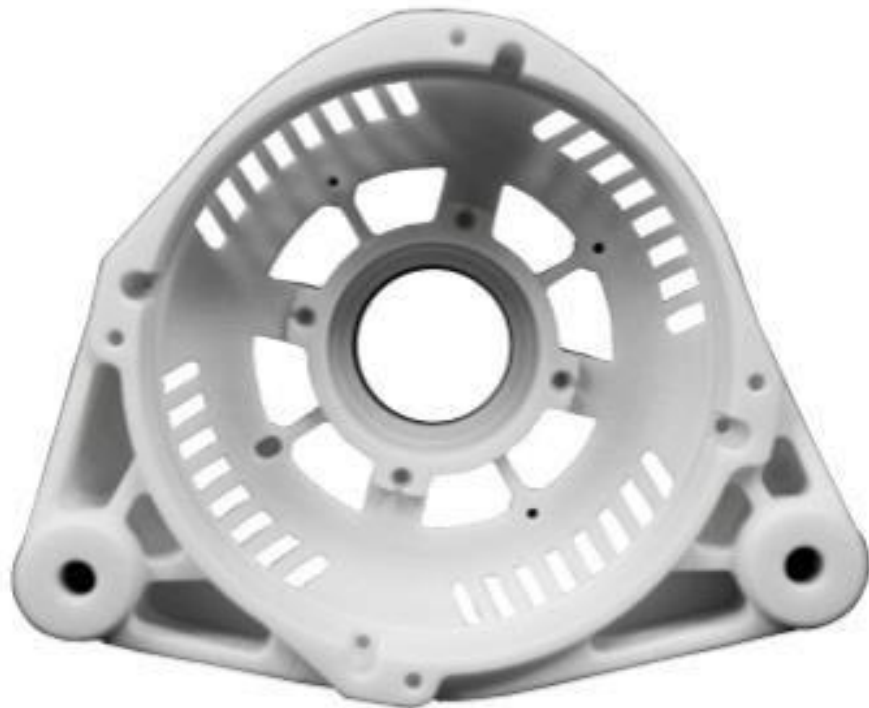


DuraForm® ProX™ HST

Руководство по материалу

Инструкции производителя



СОДЕРЖАНИЕ

1	ПЕЧАТЬ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛА DURAFORM® PROX HST	1
	УВЕДОМЛЕНИЕ О БЕЗОПАСНОСТИ: МАТЕРИАЛЫ	1
	ПРОЦЕСС РАБОТЫ С DURAFORM PROX HST	1
	Этап нагрева	2
	Перегрев	2
	Этап печати	2
	Потенциальные проблемы печати	2
	Взаимодействие переменных	3
	Этап охлаждения	3
	Конденсация в процессе	3
	РЕЖИМЫ ПЕЧАТИ ДЛЯ DURAFORM PROX HST	3
	ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ И ЧАСТИЧНЫЕ ОТПЕЧАТКИ	4
	Автономная калибровка ИК	4
	Печать с масштабированием и смещением	4
	Расчет значений масштабирования и смещения	4
	НАСТРОЙКА ПЕЧАТИ	4
	Ориентация STL-файлов	5
	Точное определение характеристик	5
	Смещение лазерного луча	5
	Прочность частей	5
	Обработка поверхности	5
	УКАЗАНИЯ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ И ОРИЕНТАЦИИ ДЕТАЛИ	5
	Цилиндры	5
	Треугольники	6
	Сечения	6
	Дублирование	6
	Части детали и ступенчатость	6
	Закрытые параллелепипеды, цилиндры и другие фигуры	6
	Вложение	7
	Сопрягаемые поверхности	7
	ПЕРЕД НАЧАЛОМ КАЖДОГО ПРОЦЕССА ПЕЧАТИ	7
	ПЕРЕЗАПУСК ПРЕРВАННОЙ ПЕЧАТИ	7
	ПРОСЕИВАНИЕ МАТЕРИАЛА	7
	ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА	7
	Смешивание нового и использованного материала	8
	ОЧИСТКА СИСТЕМЫ SLS	8
2	ПОСТОБРАБОТКА	9
	ИНСТРУМЕНТЫ И ЧИСТЯЩИЕ СРЕДСТВА	9
	ПРОЦЕДУРЫ ОЧИСТКИ	9
	РЕМОНТ И СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ	9
	МЕХАНИЧЕСКАЯ ШЛИФОВКА	9
	ПРОЦЕДУРА ВЛАЖНОЙ ШЛИФОВКИ	9
	ГЕРМЕТИЗАЦИЯ И ПРОПИТКА ДЕТАЛЕЙ	10
	ГЕРМЕТИЗАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИУРЕТАНА НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ	10
	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕРМЕТИКОВ С ТЕПЛОВЫМ ОТВЕРЖДЕНИЕМ	11
3	СВОЙСТВА И ОПЕРАЦИИ	12
	ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ	12
	ЗАГРУЗКА-ВЫГРУЗКА МАТЕРИАЛОВ	12

	ХРАНЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ	12
	Общие сведения о хранении	12
	Хранение DuraForm ProX HST.....	12
	Утилизация материалов	12
4	УСТРАНЕНИЕ НЕПОЛАДОК.....	13
	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРАНЕНИИ НЕПОЛАДОК	13
	Формат описания проблемы.....	13
	ИЗЛИШЕК ПО ОСИ Z	13
	ОБРАЗОВАНИЕ КОМКОВ	14
	РАСТРЕСКИВАНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛОЩАДКИ.....	14
	КРИСТАЛЛЫ И КОНДЕНСАЦИЯ	15
	СКРУЧИВАНИЕ ВО ВРЕМЯ ПЕЧАТИ.....	15
	СКРУЧИВАНИЕ ПОСЛЕ ПЕЧАТИ	15
	ЗАПЕКАНИЕ ВО ВРЕМЯ ПЕЧАТИ.....	16
	НАРОСТЫ	17
	РАСПЛАВЛЕНИЕ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛОЩАДКЕ	17
	ПРОПУСК СКАНИРОВАНИЯ	18
	«АПЕЛЬСИНОВАЯ КОРКА»	18
	НЕДОСТАТОЧНАЯ ПОДАЧА	19
	СЛУЧАЙНЫЕ ВЕКТОРЫ	19
	ВЫМЫВАНИЕ	20
	СЛАБЫЕ МЕСТА И ПОРИСТОСТЬ	20
5	ПРИЛОЖЕНИЕ А. ЮРИДИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....	21
	ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРСКИХ ПРАВАХ И ПРАВООБЛАДАТЕЛЯХ.....	21
	ОГРАНИЧЕНИЯ ГАРАНТИИ И ОТВЕТСТВЕННОСТИ.....	21
	ТОВАРНЫЕ ЗНАКИ И ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ ТОВАРНЫЕ ЗНАКИ	21

DuraForm ProX HST — это производственный пластик с волоконным наполнителем, характеризующийся высокой прочностью, жесткостью и хорошей термоустойчивостью, предназначенный для использования с системами 3D Systems ProX SLS. В настоящем руководстве описывается процесс печати изделий с помощью системы ProX SLS из фирменного материала DuraForm® ProX HST от 3D Systems. В этой главе рассматривается процесс печати. Глава включает перечисленные ниже темы.

- Уведомление о безопасности: материалы
- Процесс работы с пластиком DuraForm ProX HST
- Режимы печати для DuraForm ProX HST
- Предварительные и частичные отпечатки
- Настройка печати
- Указания по размещению и ориентации детали
- Перед началом каждого процесса печати
- Перезапуск прерванной печати
- Просеивание материала
- Вторичное использование материала
- Очистка системы SLS

УВЕДОМЛЕНИЕ О БЕЗОПАСНОСТИ: МАТЕРИАЛЫ

Пластик DuraForm ProX HST разработан специально для систем ProX SLS от 3D Systems с 75 % свежего материала в MQC и успешно прошел испытания на совместимость с этими системами. Дополнительные сведения об MQC см. В разделе «ПРОСЕИВАНИЕ МАТЕРИАЛА». Паспорта безопасности материалов (MSDS) доступны по адресу <http://infocenter.3dsystems.com/production-printer-material/laser-sintering-sls>.



Предостережение. Использование материала, не одобренного компанией 3D Systems, может привести к возникновению опасности для здоровья и к аннулированию гарантии на систему SLS.

ПРОЦЕСС РАБОТЫ С DURAFORM PROX HST

Процесс работы с материалом DuraForm ProX HST приведен ниже.

- Материал нагревается до температуры немного ниже температуры плавления.



ПРИМЕЧАНИЕ. Заданные значения температуры могут слегка варьироваться для разных машин из-за различий в датчиках и состоянии материала.

- Материал обрабатывается в инертной атмосфере, насыщенной азотом (не более 5,5 % кислорода).
- При расплавлении материал переходит из твердого состояния в жидкость с низкой вязкостью под воздействием небольшого количества лазерной энергии.
- Печать состоит из трех следующих этапов.
 - Этап нагрева
 - Этап печати
 - Этап охлаждения



ВНИМАНИЕ! Оператор должен использовать разрешенный пылесос для уборки избыточного количества материала. Компания 3D Systems рекомендует использовать модель с противоаварийной защитой или взрывозащищенную модель. Обратитесь в службу поддержки клиентов компании 3D Systems, чтобы узнать варианты приобретения.



ПРИМЕЧАНИЕ. Чтобы успешно печатать материалом DuraForm ProX HST, необходимо обновить валик противоположного вращения. Такое обновление является обязательным, если вы хотите использовать DuraForm ProX HST на принтере ProX SLS. Обратитесь к местному представителю сервисной службы 3D Systems, чтобы получить подробные сведения об обновлении: 132782-00, /BP. **ВАЛИК, С ТЕКСТУРОЙ, PROX SLS, КОМПЛЕКТ FRU.**

Этап нагрева



- На этапе нагрева происходит стабилизация температуры в печатной камере, на печатной площадке и в загрузочном бункере.
- Продолжительность этапа — порядка 60 минут. За это время поршень печатной площадки опускается вниз маленькими шагами (по 0,102 мм), а ролик доставляет материал.
- На этом этапе система постепенно повышает температуру печатной площадки до необходимого значения (ниже температуры плавления материала).
- Температура материала в загрузочном бункере плавно повышается до максимально возможного значения, при котором материал по-прежнему способен свободно течь. Благодаря этому сглаживается эффект резкого перепада температуры (охлаждения) при первой подаче материала на печатную площадку.

Перегрев

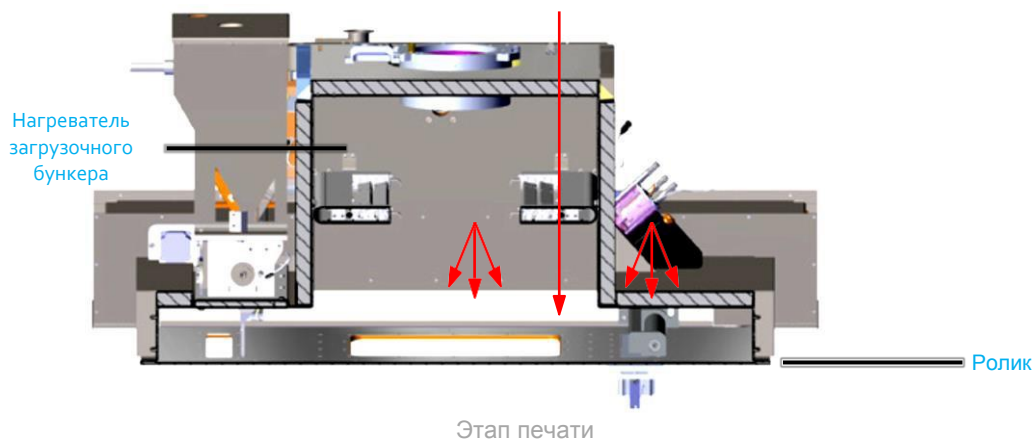
В настройке HST профиля печати по умолчанию для ProX SLS не используется техника «Перегрев». Она ускоряет работу принтера и снижает вероятность возникновения проблем, например скручивания изделия. Перегрев начинается на этапе нагрева. Печатная площадка нагревается до температуры перегрева, при которой будет происходить печать. Эта температура поддерживается до перехода к этапу печати (см. далее). На этапе печати она немного снижается, и далее печать выполняется при этой новой температуре. Для DuraForm ProX HST не требуется использовать функцию «Перегрев».

Этап печати

- На этапе печати температура печатной площадки и загрузочного бункера остается постоянной.
- С помощью лазера материал плавится для каждого последовательного поперечного сечения во время печати.



ПРИМЕЧАНИЕ. Настройки мощности лазера могут варьироваться в зависимости от требуемых результатов печати.



Потенциальные проблемы печати

- **Слишком высокая энергия лазера** воздействует на материал за пределами поперечного сечения изделия и приводит к образованию наростов.
- **Слишком низкая энергия лазера** не спаивает изделие до конца, из-за чего возникают поры и слабые места.
- Если температура печатной площадки слишком низкая, детали будут скручиваться во время их сканирования лазером.

- Если **температура печатной площадки слишком высокая**, деталям будет сложно оторваться от окружающего материала.
- Если **температура подаваемого материала слишком низкая**, во время нанесения материала на платформу детали будут охлаждаться слишком быстро и скручиваться.
- Если **температура подаваемого материала слишком высокая**, материал не будет поступать из загрузочного бункера и желоба надлежащим образом и не будет правильно распределяться перед роликом.

Взаимодействие переменных

Многие из описанных выше проблем связаны с переменными, которые взаимодействуют друг с другом. Например, чрезмерный нагрев печатной площадки или слишком высокая энергия лазера могут приводить к наростам. См. разделы [«Наросты»](#) и [«Слабые места и пористость»](#).

Продолжение работы

- Поршень печатной площадки опускается, детали закрываются и начинают медленно остывать.
- Скорость охлаждения зависит от массы и геометрии деталей. Если скорость охлаждения слишком высокая, детали могут скручиваться или искривляться после печати. Если скорость охлаждения слишком низкая, могут появиться наросты материала.
- Скорость охлаждения также зависит от расположения деталей во время печати. Детали, напечатанные первыми, остывают быстрее всего. Фазовые переходы первого рода, например затвердевание, происходят изотермически; поверхность детали не остынет, до тех пор пока вся деталь не затвердеет. Из-за этого скорость охлаждения последовательно напечатанных деталей снижается.



ПРИМЕЧАНИЕ. Нагреватель поршня нагревает нижнюю часть поршня печатной площадки, что приводит к снижению скорости охлаждения. Нагреватель цилиндра поршня используется для снижения скорости охлаждения и поддержания постоянной температуры на печатной площадке.

После первоначальной продувки азотом он продолжает поступать во время печати с постоянной скоростью и проходит через печатную камеру. Кроме того, азот проходит через окно для лазера и головку ИК-датчика, а также используется для транспортировки материала из отверстия для защиты от переполнения обратно в загрузочный бункер.

Этап охлаждения

- На этапе охлаждения материал, детали и система SLS остывают до такой температуры, когда остатки материала можно безопасно извлечь из печатной камеры.
- Для этого процесса необходим азот, и в печатной камере должен поддерживаться требуемый уровень инертной атмосферы.
- Продолжительность этапа зависит от размера заготовки. Более крупные заготовки остывают дольше. В среднем этот этап длится от часа до двух.
- По завершении данного этапа материал и система SLS по-прежнему остаются горячими.
- Следует дождаться, пока остатки материала остынут при комнатной температуре, и лишь затем отделять их от детали. Центральная часть остатков материала должна иметь температуру не выше 50 °C.
- Если отделить деталь от остатков материала слишком быстро, она может искривиться и (или) обесцветиться.
- Детали определенной геометрии могут быть сильнее подвержены искривлению после печати.

Конденсация в процессе

Пластик DuraForm ProX HST содержит небольшое количество летучего материала, который испаряется во время обработки. Этот материал конденсируется на холодных поверхностях в печатной камере системы SLS. Сведения об устранении проблем с конденсацией см. в разделе [«Кристаллы и конденсация»](#).

- Нагревание азота, проходящего через окно лазера, позволяет предотвратить оседание сконденсированного материала на окне лазера.



ПРИМЕЧАНИЕ. Небольшое количество конденсата (или пленка) на окне лазера после печати является нормальным явлением, но чрезмерный конденсат может снижать мощность лазера, из-за чего детали могут получаться непрочными или пористыми.

- Нагрев центральной части ИК-датчика и продувание азота через его головку могут предотвратить конденсацию на линзах ИК-датчика. Избыточная конденсация на линзах ведет к неточным показаниям температуры, а значит, и к тому, что материал на печатной площадке может оказаться твердым или расплавленным. ИК-датчик следует проверять перед каждым заданием печати и при необходимости очищать.

Окно лазера следует очищать перед каждым заданием печати. См. раздел [«Очистка окна лазера»](#).

РЕЖИМЫ ПЕЧАТИ ДЛЯ DURAFORM PROX HST

Пластик DuraForm ProX HST доступен в режимах стандартной работы (SP), эффективной работы (HP) и в расширенном режиме. Компания 3D Systems предлагает файлы конфигурации материалов для SP, HP и расширенного режима. Настройки процесса в файлах конфигурации **SP** управляют предельными значениями системы ProX SLS, благодаря чему пользователь получает желаемый уровень производительности, и, кроме того, устраняется изменчивость, характерная для процесса стандартной печати. Режим **HP** обеспечивает ускоренную обработку. Он подойдет в качестве отправной точки. Настройки процесса для файлов конфигурации **расширенного режима** предназначены для опытных пользователей и дают большую свободу действий.

Режимом по умолчанию, который рекомендуется компанией 3D Systems, является режим SP. Настройки процесса в этих файлах конфигурации оптимизированы для каждого случая и служат подходящей отправной точкой для работы в каждом из режимов.

Дополнительные сведения о режиме SP см. в документе [Информационный справочник клиента \(советы и информация\)](#). В нем также приводится список основных параметров процесса для успешной печати. Ожидаемые механические свойства и плотность можно найти в инфоцентре 3D Systems.



ПРИМЕЧАНИЕ. DuraForm ProX HST — материал с волоконным заполнением. Волокна имеют соотношение сторон больше 1 (в одном направлении они длиннее, чем в другом). Таким образом, материал DuraForm ProX HST демонстрирует различные свойства в зависимости от направления волокон. В процессе SLS волокна, как правило, выравниваются в длину по оси X. Таким образом, направленные свойства по оси X у этого материала выше, чем по оси Y.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ И ЧАСТИЧНЫЕ ОТПЕЧАТКИ

Перед первой печатью необходимо выполнить автономную ИК-калибровку. Подробные инструкции см. в [Руководстве пользователя ProX SLS](#).

Автономная калибровка ИК

1. Переведите систему в режим работы вручную, закройте и заблокируйте дверцы печатной камеры.
2. Нажмите кнопку калибровки ИК.

Печать с масштабированием и смещением

При печати с использованием пластика DuraForm ProX HST необходимо выполнить по крайней мере одну предварительную печать, чтобы провести тонкую настройку параметров по умолчанию для окончательной печати деталей.

Предварительную печать выполняет сервисный инженер или оператор в целях проверки параметров масштабирования и смещения. Подробнее см. в параметрах масштабирования и смещения соответствующего программного обеспечения для подготовки к печати.

Параметры предварительной печати затем используются при печати окончательных деталей. Во время печати следует продолжать отслеживание заданных значений лазера и нагревателя путем проверки качества деталей и материала при отделении.

Расчет значений масштабирования и смещения

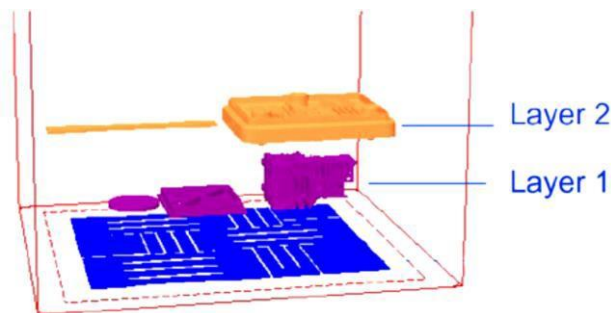
См. раздел [Справка](#) соответствующего программного обеспечения для подготовки к печати.

НАСТРОЙКА ПЕЧАТИ

См. раздел [Справка](#) соответствующего программного обеспечения для подготовки к печати.

Советы по подготовке к печати

- Оптимальная область печати для деталей — 341 x 290 мм.
- STL-файлы для печати удобно организовывать по слоям. Отделяйте слои деталей в измерении Z расстояниями в 1,25 мм.
- Из-за высокой температуры обработки детали, помещенные в нижний слой, могут остывать неравномерно и скручиваться во время печати. См. разделы [«Скручивание во время печати»](#) и [«Скручивание после печати»](#).
- Если у STL-файла толстое поперечное сечение, его лучше поместить повыше в печатном цилиндре, например на $Z = 127$ мм.
- Для толстых поперечных сечений, у которых есть области со срезами X-Y или у которых глубина по оси Z превышает 12,7 мм, выше вероятность скручивания после печати. См. раздел [«Скручивание во время печати»](#).



STL-файлы в отдельных слоях

Ориентация STL-файлов

Для ориентации STL-файлов в целях лучшей обработки отдельных его частей, таких как тонкие стенки, маленькие шпильки, текст, небольшие выступы или вырезы, можно использовать соответствующее приложение для подготовки к печати.

Точное определение характеристик

Несмотря на то что отпечатки, как правило, имеют хорошую детализацию и с верхней, и с нижней стороны, верхняя сторона все же имеет более качественное определение.

Смещение лазерного луча

Смещение лазерного луча контура или заполнения позволяет настраивать контуры детали для компенсации ширины лазерного луча. При этом обычное сжатие не компенсируется; смещение луча приводит лишь к топологическому смещению, перемещая поверхность детали в направлении внутрь. Такие детали, как стержни, становятся меньше, а отверстия увеличиваются. Смещение луча происходит на каждом срезе детали по ходу выполнения такого среза.

Значения смещения задаются с помощью следующих параметров смещения: смещение заполнения по оси X, смещение заполнения по оси Y, смещение контура по оси X, смещение контура по оси Y. Эти параметры задаются с помощью редактора масштабирования и смещения соответствующего программного обеспечения для подготовки к печати.

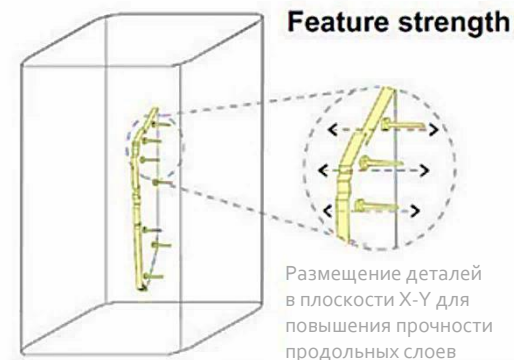
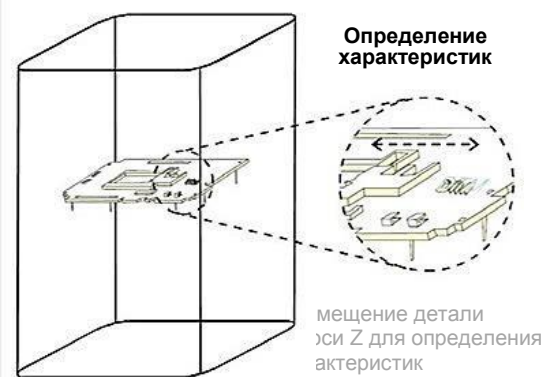
Если значения смещения будут слишком велики, очень маленькие части (менее 0,5 мм) могут не напечататься. Для проверки срезов используйте функцию предварительного просмотра.

Прочность частей

Ориентируйте части (например, защелки или шпильки), которые подвержены напряжениям изгиба в плоскости X-Y, таким образом, чтобы слои проходили вдоль этих частей.

Обработка поверхности

Изогнутые поверхности, напечатанные в направлении оси Z, могут казаться ступенчатыми из-за использования слоев.

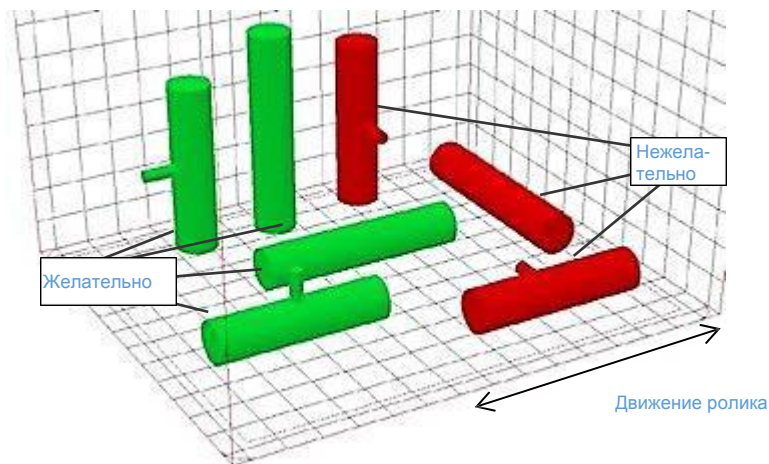


УКАЗАНИЯ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ И ОРИЕНТАЦИИ ДЕТАЛИ

Существует несколько правил, которые следует соблюдать по мере возможности. Это необходимо для правильной печати деталей и оптимального использования материала.

Цилиндры

Цилиндры лучше всего располагать в области печати вертикально. Это позволит избежать появления ступенчатости по оси Z на сторонах цилиндра. Если цилиндр очень длинный и имеет небольшой диаметр, его можно расположить на боку. Печать цилиндра, расположенного горизонтально, происходит быстрее, но при вертикальном размещении получается более качественная поверхность. Если к цилиндру присоединен другой цилиндр меньшего размера и большой цилиндр лежит на боку, малый цилиндр должен быть направлен вверх. Если большой цилиндр стоит, малый цилиндр должен быть направлен в сторону ролика.



Ориентация цилиндров

Треугольники

Треугольные детали следует размещать таким образом, чтобы ни одна из трех сторон не была перпендикулярна направлению движения ролика, а основание не находилось сверху. При этом будет меньше сопротивление материала при его движении через печатную площадку, а значит, снизится вероятность сдвига и основание будет более ровным.

Сечения

Большие поперечные сечения следует располагать в верхней части принтера для сокращения риска скручивания после печати. Если сечение охватывает более половины области печати, его следует повернуть вокруг оси Y, чтобы уменьшить общую площадь сканирования для любого среза. Это позволит снизить вероятность недостаточной подачи материала на большую область. При повороте вокруг оси Y прочность будет выше, чем при повороте вокруг оси X, но не исключена недостаточная подача, если сечение слишком длинное по оси X.

В дополнение к вращению вокруг осей X и Y, вращение вокруг оси Z также помогает уменьшить искажения. Поэтому в случае деталей, склонных к искажению, можно попробовать повернуть их по оси Z.

Дублирование

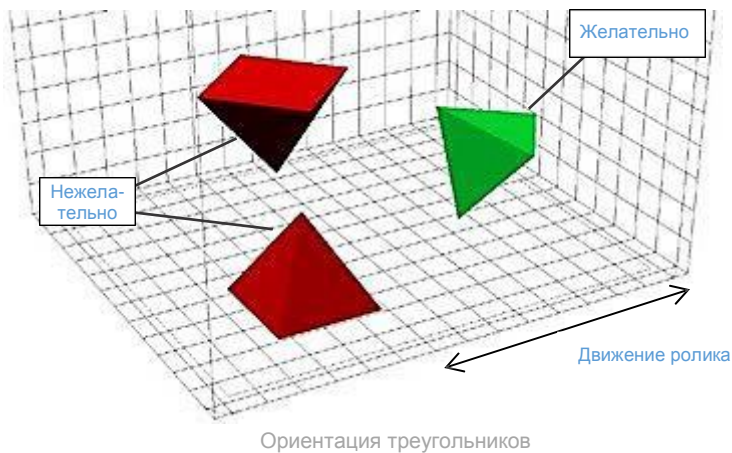
При добавлении детали в область печати и ее последующем дублировании для получения точно такой же детали обратите внимание на поперечные сечения полученных в итоге деталей. Если у детали имеется область, содержащая довольно крупное поперечное сечение, проследите за тем, чтобы такая деталь не была расположена вертикально, чтобы крупные сечения располагались в разных слоях. Таким образом вы снизите вероятность недостаточной подачи материала на основание детали. Для повышения качества печати рекомендуется сделать время печати всех слоев примерно одинаковым. Также можно дублировать параметры. Подробнее см. в меню справки соответствующего программного обеспечения для подготовки к печати.

Части детали и ступенчатость

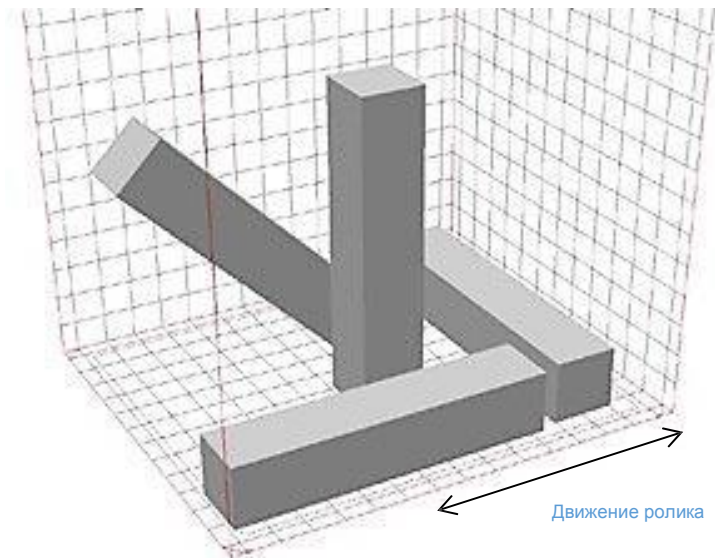
Ориентация деталей позволяет добиваться желаемого результата. Мелкие части детали и надписи тиснением лучше всего печатаются на поверхностях, обращенных вверх. На поверхностях, обращенных вниз, эффект ступенчатости бывает сглаженным.

Закрытые параллелепипеды, цилиндры и другие фигуры

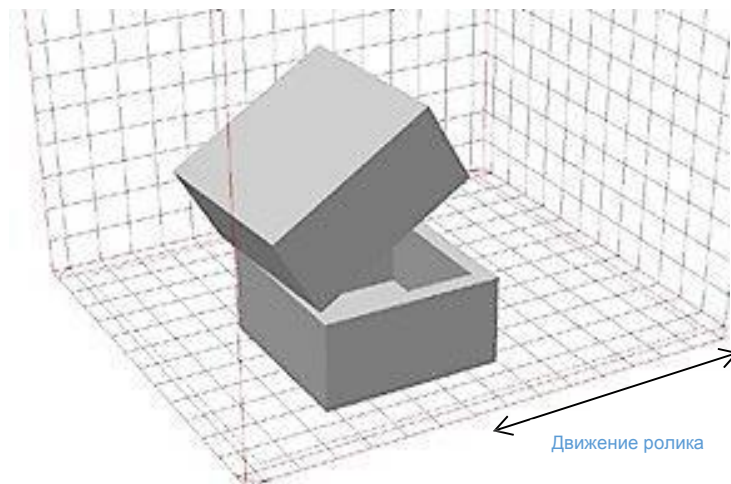
Фигуры, закрытые со всех сторон, кроме одной, должны располагаться в области печати открытой стороной вверх. Это позволит уменьшить степень нагревания остатков материала и детали и упростит их разделение, а также продлит срок службы материала.



Ориентация треугольников



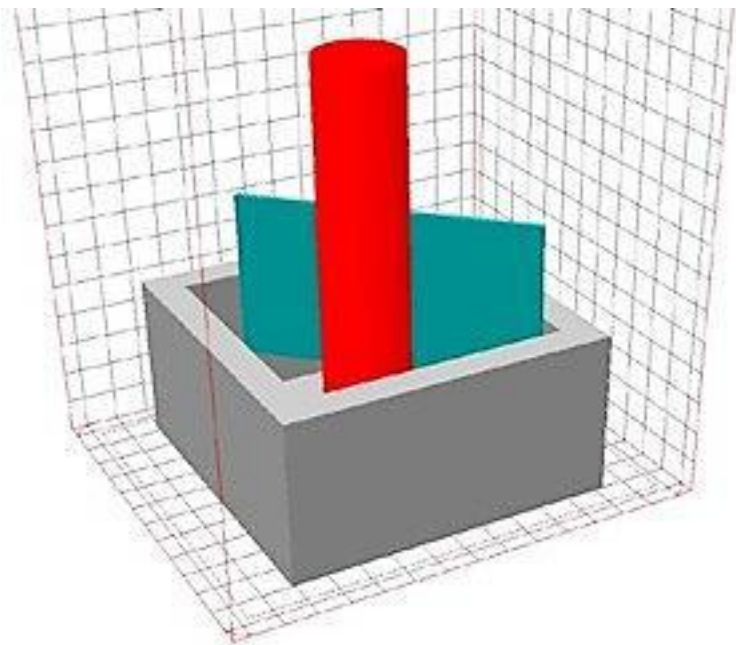
Ориентация поперечных сечений



Ориентация для дублирования

Вложение

Маленькие детали можно вкладывать в большие в целях экономии области печати. После печати маленькие детали можно убрать. При вложении деталей друг в друга необходимо оставлять между их ближайшими стенками не менее 6,35 мм. Деталь, содержащая вложенные детали, всегда должна быть ориентирована открытой стороной вверх.



Вложение

Сопрягаемые поверхности

Детали, которые состоят из нескольких частей, или детали с сопрягаемыми поверхностями всегда должны размещаться таким образом, чтобы сопрягаемые поверхности печатались в одной ориентации. Желательно, чтобы такие поверхности смотрели вверх; в этом случае они будут более ровными. Если это невозможно, их печать следует выполнять по оси Z. Худший вариант — печатать сопрягаемые поверхности обращенными вниз.

ПЕРЕД НАЧАЛОМ КАЖДОГО ПРОЦЕССА ПЕЧАТИ

1. Проверьте, достаточно ли материала в системе MQC.
2. Проверьте настройки потока. Они находятся на панели множества главной системы, за внешней панелью.
3. Убедитесь, что ИК-датчик имеет температуру 77 °С. Значение температуры отображается в окне состояния. Если дверца печатной камеры открыта (или блокировки не активированы), нагреватели ИК не будут работать.
4. Убедитесь, что для потока азота через окно лазера установлено значение 5 л/мин.



ПРИМЕЧАНИЕ. Если вы подозреваете, что в системе управления температурой ИК-датчика возникла неполадка, обратитесь в отдел обслуживания на местах 3D Systems.

5. Перед каждым заданием печати необходимо проверять окно лазера и при необходимости очищать его. См. раздел «Очистка системы SLS».

ПЕРЕЗАПУСК ПРЕРВАННОЙ ПЕЧАТИ

Если печать была прервана, возобновить ее, вероятнее всего, не удастся. Условия температуры, необходимые для материала DuraForm ProX HST, как правило, не позволяют возобновлять прерванную печать.

ПРОСЕИВАНИЕ МАТЕРИАЛА

Сведения об эксплуатации системы контроля качества материала (MQC) см. в [Руководстве пользователя ProX SLS](#).

Компания 3D Systems предлагает следующие методики просеивания для пластика DuraForm ProX HST.

- Не удаляйте остатки материала из печатной камеры, пока температура печатной площадки не опустится приблизительно до 85 °С. Дайте остаткам материала остыть до 50 °С, прежде чем отделять их от детали.
- Уберите рассыпанные частицы с остатков материала с помощью щетки. Отсейте рассыпанные частицы и мягкий материал в корзину для отходов системы MQC, а твердый материал и комки удалите при окончательном отделении и очистке детали.
- Отсеивайте рассыпанные частицы и мягкий материал от остатков материала после каждого задания печати.



ПРИМЕЧАНИЕ. Собирая материал из остатков, используйте только мягкий порошок с внешнего края. Твердый порошок, который необходимо физически разламывать, не следует использовать.

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА

Сведения об эксплуатации системы контроля качества материала (MQC) см. в [Руководстве пользователя ProX SLS](#).

После печати лишний материал можно просеять и снова использовать для печати других деталей. Для переработки материала следует применять одни и те же процедуры для обеспечения стабильных свойств материала. В случае отклонения от процедур переработки могут возникнуть различные проблемы, например разная степень сжатия или дефекты поверхности, в том числе «апельсиновая корка».

Материал DuraForm ProX HST представляет собой смесь очень мелких частиц и тканей. Во время печати материал подвергается воздействию тепла, и эти частицы склеиваются, образуя более крупные частицы. Чтобы этого избежать, можно использовать просеивание и смешивание. При просеивании удаляются нежелательные частицы, а при смешивании добавляются новые правильного размера.



ПРИМЕЧАНИЕ. Для успешной переработки материала DuraForm ProX HST необходимо обновить экран сита в MQC. Обратитесь к местному представителю сервисной службы 3D Systems для получения дополнительных сведений по данному обновлению: **4100-03598 компонент экрана 15 дюймов, 50TBC; для Европы: 4100-03156 экран 15 дюймов, 402M СЕТКА. 77-0119, компонент экрана 12 дюймов, 50 TBC, экран сита 12 дюймов**

Смешивание нового и использованного материала

Система MQC запускает цикл смешивания, когда в ней накапливается достаточно материала для этого, общим объемом около 40 литров. Например, когда остается 50 % свежего порошка, для запуска нового цикла смешивания требуется порядка 20 литров свежего порошка и порядка 20 литров использованного порошка. При любом конкретном соотношении свежего и использованного порошка минимальный объем обоих типов порошка для запуска смешивания отображается на главном экране MQC.

По умолчанию для количества свежего порошка DuraForm ProX HST установлено значение 70 %.

ОЧИСТКА СИСТЕМЫ SLS

Материал может накапливаться на ролике и в других частях печатной камеры, а также в системе MQC. В [Руководстве пользователя ProX SLS](#) приведено описание следующих процедур очистки.

- Очистка системы SLS между сеансами печати
- Очистка окна лазера
- Очистка секции полного излучателя
- Очистка экрана переполнения
- Очистка чулочного фильтра

В этой главе описываются различные методики улучшения поверхности детали после ее отделения. Однако список этих методик постобработки не является исчерпывающим. Многие компании разрабатывают собственные методики с учетом конкретных потребностей. В данной главе содержится лишь базовая информация об окончательной обработке деталей из пластика DuraForm ProX HST. Глава включает перечисленные ниже темы.

- [Инструменты и чистящие средства](#)
- [Процедуры очистки](#)
- [Механическая шлифовка](#)
- [Процедура влажной шлифовки](#)
- [Герметизация и пропитка деталей](#)
- [Герметизация с помощью полиуретана на водной основе](#)
- [Герметизация средством Imprex Superseal](#)

ИНСТРУМЕНТЫ И ЧИСТЯЩИЕ СРЕДСТВА

Ниже приведен стандартный список инструментов и чистящих средств для постобработки.

- Ручной напильник
- Круглые шлифовальные инструменты
- Плоские шлифовальные инструменты
- Наждачная бумага (ок. 150 grit)
- Струйный аппарат с рекомендуемым размером дроби от 70 до 140 мкм
- Ткань для очистки
- Ручные прутковые тиски с маленькими буровыми коронками
- Ленточная шлифовальная минимашинка с лентами из наждачной бумаги на 120 grit

ПРОЦЕДУРЫ ОЧИСТКИ

Прежде чем приступать к прочим процедурам постобработки, тщательно очистите детали. Чтобы очистить детали из пластика DuraForm ProX HST, выполните следующие действия.

1. Извлеките остатки материала из печатной камеры.



Предупреждение. Компания 3D Systems рекомендует дать остаткам материала остыть до комнатной температуры, прежде чем извлекать из них детали.

2. Щеткой снимите весь лишний материал с детали.
3. С помощью подходящих инструментов удалите остатки материала из углов и отверстий. Для прочистки отверстий используйте буровую коронку.
4. Возьмите струйный аппарат с давлением 4,8 бар и, удерживая деталь на расстоянии примерно 127 мм от сопла, обработайте ее.



ПРИМЕЧАНИЕ. Если держать деталь слишком близко к соплу, она может деформироваться от тепла и обесцветиться.

Для дальнейшего повышения качества поверхности следуйте процедуре [«Процедура влажной шлифовки»](#).

РЕМОНТ И СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Для ремонта и соединения деталей из пластика DuraForm ProX HST компания 3D Systems рекомендует использовать «суперклей» на основе цианоакрилата. С цианоакрилатом рекомендуется использовать акселератор. Также можно использовать пятиминутный эпоксидный клей.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ШЛИФОВКА

При необходимости удаления наслоений на боковых стенках деталей из пластика DuraForm ProX HST можно воспользоваться ленточной шлифовальной минимашинкой (с наждачной лентой 5/16 дюйма, 120 grit, на средней скорости).

ПРОЦЕДУРА ВЛАЖНОЙ ШЛИФОВКИ

Необходимые инструменты и оборудование

- Наждачная бумага (от 220 до 1200 grit)
- Проточная вода
- Ткань или бумажное полотенце для просушки детали

Процедура влажной шлифовки

1. Погрузите чистую деталь в воду.

- 2 Шлифуйте ее, до тех пор пока не получите поверхность желаемого качества. Начните с наждачной бумаги на 220 grit, затем возьмите 320 grit, 400 grit, 600 grit и 1200 grit.



ПРИМЕЧАНИЕ. После использования наждачной бумаги на 320 grit следует часто менять воду.

ГЕРМЕТИЗАЦИЯ И ПРОПИТКА ДЕТАЛЕЙ

Детали, напечатанные из пластика DuraForm ProX HST, можно герметизировать и пропитывать различными средствами, например грунтовками, красками, полиуретанами, цианоакрилатами («суперклей») и эпоксидами.

Детали, как правило, получаются плотными, поэтому проще использовать средства с низкой вязкостью или средства, которые легко разжижаются. Помимо прочего, в этом случае ниже вероятность, что при пропитке или герметизации вы измените размеры детали.

Для наиболее полной пропитки компания 3D Systems рекомендует проводить процесс в вакуумной камере. Если нужно просто нанести на деталь покрытие из герметика, достаточно воспользоваться кистью или погрузить деталь в нужное средство.



Предупреждение. При работе с пропитками надевайте защитные перчатки, устойчивые к растворителям, и соблюдайте правила техники безопасности. Помещение должно хорошо проветриваться.

Некоторые предлагаемые продукты:

- **Герметики с тепловым отверждением: Godfrey & Wing Inc.**

220 Campus DriveAurora,

ОН 44202 (США).

Тел.: +1.330.562.1440

Тел.: +1-800- 241- 2579 (звонок бесплатный)

Факс: +1-330- 562- 1510

<http://www.godfreywing.com/vacuum-impregnation/sealants/types-of-gw-sealants>

Номер детали: 95-1000A + катализатор

- **Акриловая эмульсия UCAR Vehicle 443**

Средство от Union Carbide: смешайте 72 % эмульсии и 28 % воды, чтобы получить 32%-ную смесь. Погрузите детали в эту смесь, чтобы нанести на них покрытие. После этого высушите детали в промышленной печи при температуре 70 °С.

- **Цианоакрилаты**

3D Systems рекомендует Loctite 408. В случае применения цианоакрилатов использовать промышленную печь и вакуумную камеру не рекомендуется. См. раздел «Ремонт и соединение деталей».

ГЕРМЕТИЗАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИУРЕТАНА НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ

Для пропитки и герметизации деталей, напечатанных из пластика DuraForm ProX HST, можно использовать любые полиуретановые герметики на водной основе.

Необходимые инструменты и оборудование

- Металлические контейнеры, достаточно глубокие для погружения деталей
- Кисть из вспененного материала или аппликатор (необязательно)
- Промышленная печь (необязательно)
- Вакуумная камера (необязательно)

Процедура

1. При необходимости отшлифуйте деталь перед герметизацией. См. раздел «Процедура влажной шлифовки».
2. Покройте или пропитайте деталь герметиком одним из следующих способов.
 - Нанесите герметик кистью из вспененного материала.
 - Погрузите деталь в контейнер с герметиком на пять минут. Если деталь всплывает, прижмите ее чем-нибудь или держите рукой.
 - Для наиболее полной пропитки толстостенных деталей (толщина стенок более 7,5 мм) погрузите их в контейнер с герметиком в вакуумной камере и держите, пока пузырьки воздуха не перестанут выходить из герметика.
3. Вытащите детали из герметика и стряхните остатки.
4. Продуйте деталь сжатым воздухом, чтобы удалить лишний герметик изнутри и из углублений детали.
5. Оставьте деталь на просушку на время от 4 до 24 часов в зависимости от ее плотности и размера. Для ускорения сушки можно поместить деталь в печь при низкой температуре (50 °С).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕРМЕТИКОВ С ТЕПЛОМ ОТВЕРЖДЕНИЕМ

Необходимые инструменты и оборудование

- Кисть из вспененного материала или аппликатор
- Герметик с тепловым отверждением
- Конвекционная печь, способная обеспечивать температуру не менее 100 °С
- Вакуумная камера (необязательно)

Процедура

1. Поместите чистую деталь на поднос, чтобы стекали излишки герметика.
2. Нанесите герметик на одну сторону детали с помощью кисти. Сторона должна быть покрыта полностью.
3. После покрытия поверхности детали дайте герметику впитаться в течение 5–10 минут.
4. Переверните деталь и нанесите герметик на обратную сторону.
5. Включите печь, установив температуру 100 °С. Удалите излишки герметика и поместите деталь в печь на час-полтора (или дольше для деталей с крупным поперечным сечением).
6. Вытащите деталь и нанесите второй слой герметика, повторив шаги 2–5.

В этой главе приводится общая информация о пластике DuraForm ProX HST, его свойствах и правилах обработки. Рассматриваются перечисленные ниже темы.

- [Паспорта безопасности](#)
- [Обращение с материалами](#)
- [Хранение и утилизация материалов](#)

ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ

Компания 3D Systems предоставляет паспорта безопасности, содержащие информацию о безопасности и правила обращения с материалом DuraForm ProX HST. Регистрационный номер документа (DCN) для паспорта безопасности DuraForm ProX HST можно найти по адресу <http://infocenter.3dsystems.com/materials/production-printer-materials/laser-sintering-sls>:

- **Пластик DuraForm ProX HST Plastic:** DCN 24173-S12-00-A

ЗАГРУЗКА-ВЫГРУЗКА МАТЕРИАЛОВ

Подробные сведения см. в паспорте безопасности материала DuraForm ProX HST.

Соблюдайте следующие рекомендации:

- Не допускайте пролития материала на пол и вымойте пол как можно скорее, если это произошло. Из-за пролитого материала пол может стать очень скользким.



ПРИМЕЧАНИЕ! Оператор должен использовать разрешенный пылесос для уборки избыточного количества материала. Компания 3D Systems рекомендует использовать модель с противоаварийной защитой или взрывозащищенную модель. Обратитесь в службу поддержки клиентов компании 3D Systems, чтобы узнать варианты приобретения.

- Собрав просыпанный материал пылесосом, вымойте пол.
- Из-за небольшого размера частиц материал DuraForm ProX HST может подниматься в воздух во время работы. Если в помещении пыльно, компания 3D Systems рекомендует использовать респиратор, одобренный Национальным институтом по охране труда и промышленной гигиене и подобранный с учетом концентрации распыленного в воздухе материала. Это может потребоваться во время работы с материалом в системе SLS или системе MQC.



ПРИМЕЧАНИЕ. Мелкая пыль в воздухе в достаточной концентрации и в присутствии источника воспламенения может стать причиной взрыва. Предел воспламенения пыли для DuraForm ProX PA (K_{st}) составляет 79 бар·м/с.

ХРАНЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ

В этом разделе содержится информация о хранении материала DuraForm ProX HST и инструкции по его утилизации.

Общие сведения о хранении

Сведения о системе MQC см. в [Руководстве пользователя ProX SLS](#).

Во избежание загрязнения, просыпания, образования пыльного облака и смешивания разных типов материалов соблюдайте следующие правила.

- Храните использованный материал в маркированных бутылках. Их необходимо герметизировать; в противном случае внутрь могут проникнуть загрязнения.
- Не смешивайте материалы разных типов.
- Перед тем как использовать в системе MQC другой материал, тщательно очищайте ее.
- Перед тем как использовать в системе SLS другой материал, тщательно очищайте ее.

Хранение DuraForm ProX HST

В случае загрязнения материала его свойства могут измениться. При этом качество готовых деталей может оказаться неудовлетворительным. Ниже приведены рекомендации по хранению материала, которые помогут свести к минимуму загрязнение и обеспечат его хранение в оптимальных условиях.

- Храните материал при температуре не выше 40 °C.
- Контейнер с материалом должен быть герметично закрыт.

Утилизация материалов

Утилизацию пластика DuraForm ProX HST следует выполнять с соблюдением всех местных нормативных требований и указаний, содержащихся в паспорте безопасности.

Эта глава составлена в алфавитном порядке по названию неполадок. В ней рассматриваются следующие темы.

- Общие сведения об устранении неполадок
- Излишек по оси Z
- Образование комков
- Растрескивание печатной площадки
- Кристаллы и конденсация
- Скручивание во время печати
- Скручивание после печати
- Запекание во время печати
- Наросты
- Расплавление на печатной площадке
- Пропуск сканирования
- «Апельсиновая корка»
- Недостаточная подача
- Случайные векторы
- Вымывание
- Слабые места и пористость

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРАНЕНИИ НЕПОЛАДОК

Оптимизация параметров профиля устраняет многие проблемы, но во многих ситуациях полезно проводить мониторинг печати — это позволяет установить необходимые параметры обработки.

Наблюдать за процессом печати стоит по двум причинам.

- Некоторые детали могут потребовать вашего внимания или вмешательства в ходе печати.
- Наблюдение позволит вам более точно выполнять профилирование. Чем более точным будет профилирование, тем реже вам придется в будущем наблюдать за процессом печати.

Формат описания проблемы

По каждой проблеме приводится следующая информация.

- **Описание:** объяснение проблемы и ее наглядное представление. Описание включает сведения о том, где и когда возникает данная проблема.
- **Возможные причины:** краткое объяснение потенциальных причин проблемы.
- **Визуальные признаки:** информация о видимых признаках, не включенная в раздел «Описание».
- **Последствия:** влияние на качество печати в случае неустранения проблемы.
- **Корректирующее действие:** способы предотвращения или устранения данной проблемы.
- **Связанные проблемы:** информация о том, связана ли данная проблема с другими проблемами.

ИЗЛИШЕК ПО ОСИ Z

Описание. Излишек по оси Z возникает, когда лазер расплавляет деталь больше чем на указанную глубину, обычно 0,1 мм, при первых нескольких сканированиях. При этом появляется вертикальный нарост по оси Z. Разница между наростом и излишком по оси Z состоит в том, что нарост может появиться на любой стороне детали, а излишек по оси Z — только на поверхности, обращенной вниз.

Возможные причины. При сканировании первого слоя лазер проникает в расплавленный материал ниже границы печати. В особых случаях излишек по оси Z возникает вместе с вымыванием.

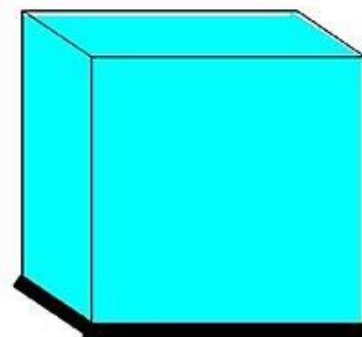
Визуальные признаки. Это явление невозможно заметить во время печати.

Последствия. Для детали превышает допуск по оси Z.

Корректирующее действие. Во время печати нельзя предпринять никаких корректирующих действий.

Перед началом печати можно сделать следующее.

- Свести к минимуму вероятность появления излишка по оси Z, уменьшив параметр **Мощность лазера при заполнении** в профиле печати для первых нескольких слоев (между первым и четвертым).



Излишек по оси Z

- Использовать функции компенсации нароста по оси Z в программном обеспечении для подготовки к печати. Подробнее см. в разделе справки программного обеспечения.

В случае появления излишка по оси Z деталь можно очистить во время постобработки, отшлифовав или удалив лишний материал.

Связанные проблемы. См. раздел [«Вымывание»](#).

ОБРАЗОВАНИЕ КОМКОВ

Описание. По мере продвижения ролика по печатной площадке на поверхности перед ним скапливается материал, а позади возникают прожилки.

Возможные причины. Наиболее распространенные причины приведены ниже.

- Плохо просеянный использованный материал
- Перегрев материала в загрузочном бункере
- Загрязнение сжатого воздуха или воздушной линии

Визуальные признаки. Ролик оставляет комки на печатной площадке, что приводит к появлению прожилок после его прохода.

Последствия. Материал подается неправильно, из-за чего детали получаются некачественными, толщина материала оказывается непостоянной. Это может приводить к наростам или неправильному расплавлению. На верхней и нижней поверхности детали могут возникать прожилки.

Корректирующие меры. Снизьте температурные уставки загрузочного бункера.

Тщательно просейте переработанный материал до начала использования. См. разделы [«Вторичное использование материала»](#) и [«Просеивание материала»](#).

Убедитесь, что ваши методы хранения материала обеспечивают защиту от попадания загрязнений. В разделе [«Хранение и утилизация материалов»](#) описаны рекомендации по хранению.

Убедитесь, что система подачи чистого сухого воздуха отвечает требованиям, указанным в Руководстве по рабочему помещению для вашего принтера.

Если образование комков происходит в области печатной площадки, где детали не расположены, вы можете продолжить печать. Если образование комков происходит в области печатной площадки, где имеются детали, процесс печати может завершиться неудачей.

Если вы завершаете процесс печати, выполните следующие действия.

1. Удалите оставшиеся куски материала.
2. Очистите печатную камеру.
3. Очистите ролик.

Связанные проблемы. См. раздел [«Растрескивание печатной площадки»](#).

РАСТРЕСКИВАНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛОЩАДКИ

Описание. По мере продвижения ролика по печатной площадке образуются трещины.

Возможные причины. Высокая скорость нагрева или температура нагревателей вызывает частичное расплавление материала на поверхности печатной площадки. Механические неисправности ролика также могут вызывать растрескивание печатной площадки. Если вы считаете, что проблема в механике, обратитесь в 3D Systems.

Визуальные признаки. На поверхности платформы возникают трещины.

Последствия. Если печать производится на растрескавшейся области платформы, сама деталь тоже может дать трещины.

Корректирующие меры. Снижайте значение уставки PID нагревателя принтера шагами по 2 °C до устранения трещин.

Если растрескивание происходит на этапе предварительного нагрева, возможно, вы слишком быстро увеличили температуру.

Не повышайте температуру до итогового значения уставки, пока не начнется процесс калибровки в реальном времени (6 мин во время стадии нагрева).



Вид сооку на ролик и порошок (видны комки)



Растрескивание печатной площадки

КРИСТАЛЛЫ И КОНДЕНСАЦИЯ

Описание. Во время печати на холодных поверхностях печатной камеры образуется тонкий слой игольчатых кристаллов и (или) конденсационная пленка. N-поток, идущий через ИК датчик и окно лазера, поддерживает их чистоту, однако пользователю рекомендуется проверять эти области перед каждой печатью.



ПРИМЕЧАНИЕ. Небольшой конденсат, вероятно, будет образовываться на окне лазера после каждой печати. Если конденсация образуется интенсивно на всей поверхности окна, обратитесь в службу поддержки 3D Systems, поскольку это может быть признаком неисправности системы SLS.

СКРУЧИВАНИЕ ВО ВРЕМЯ ПЕЧАТИ

Описание. Края или углы модели поднимаются над поверхностью печатной площадки.

Возможная причина. В процессе печати разница температур между зонами модели вызывает неравномерную усадку, приводящую, в свою очередь, к скручиванию. Это обычно происходит при сильном падении температуры после добавления материала. Скручивание во время печати также может быть вызвано слишком низкой температурой печатной площадки.

Визуальные признаки. Края модели поднимаются над поверхностью печатной площадки после сканирования слоя. Чаще всего скручивание проявляется сразу после добавления слоя материала, но иногда края могут подняться через определенное время.

Последствия. Напечатанные детали (особенно с большим поперечным сечением) недостаточно плоские. В особо сложных случаях модель может подниматься на печатной площадке при прохождении ролика.

Корректирующие меры. Корректирующие меры зависят от степени скручивания. Если скручивание выражено слабо, можно внести небольшие изменения в ходе печати.

Если степень скручивания средняя или сильная, деталь останется скрученной даже после внесения изменений.

Значительное повышение мощности лазера остановит скручивание детали, но вызовет образование на ней наростов.

Если произошло сильное скручивание, вероятно, следует завершить печать и начать заново. Во избежание возникновения той же проблемы при последующей печати учтите следующие рекомендации.

- Убедитесь, что система полностью прошла стадию предварительного нагрева.
- Проверьте уставки загрузочного бункера и нагревателя.
- Причиной скручивания также может быть излишек подаваемого материала во время печати, так как часть материала может быть недостаточно прогрета, особенно при небольшом периоде нанесения слоя.
- Убедитесь, что значение параметра «Включить нагреватель цилиндра» равняется 1 и уставка нагревателя цилиндра задана верно.



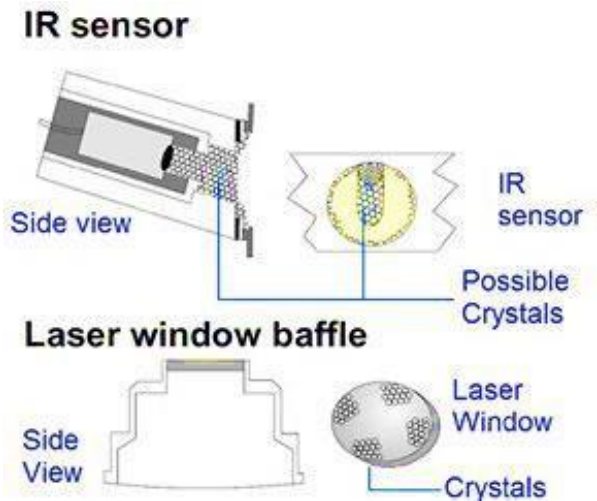
ПРИМЕЧАНИЕ. Будьте осторожны при изменении параметров во избежание проблем, вызванных слишком высокой температурой нагрева. Если температура поднимается слишком быстро до очень высоких значений, это может привести к растрескиванию материала.

СКРУЧИВАНИЕ ПОСЛЕ ПЕЧАТИ

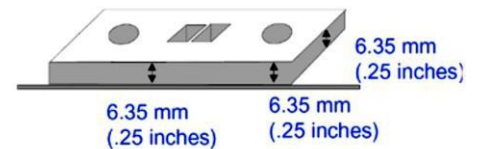
Описание. Готовая деталь недостаточно плоская, присутствует скручивание, схожее с формой деталей, отлитых под давлением.

Возможная причина. Когда деталь закладывается на стадии печати, слишком высокие показатели охлаждения и перепады температур вызывают в ней неравномерные нагрузки. Слишком высокие показатели охлаждения зачастую возникают, если деталь печатается первой из всего печатного процесса (это детали, находящиеся на самых нижних уровнях по оси Z). Проблема также может быть вызвана тем, что вы слишком рано вынули модель из печатной камеры.

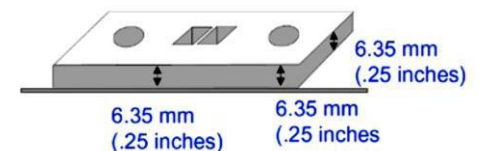
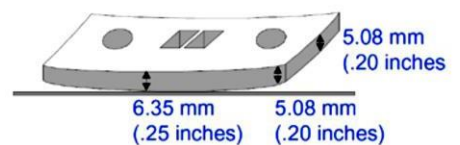
Визуальные признаки. Готовая деталь недостаточно плоская. Вы этого не увидите, пока деталь не будет отделена.



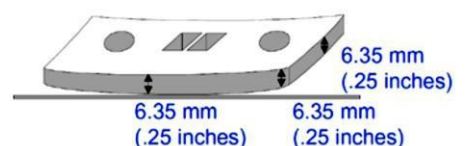
Кристаллы и конденсация



Curling and associated Z-shrinkage



Curling and associated Z-shrinkage



Последствия. Напечатанные детали (особенно с большим поперечным сечением) недостаточно плоские, но размеры по оси Z соблюдены.

Корректирующие меры. Вы можете попытаться исправить скрученные детали, а также изменить параметры печати во избежание повторения проблемы.

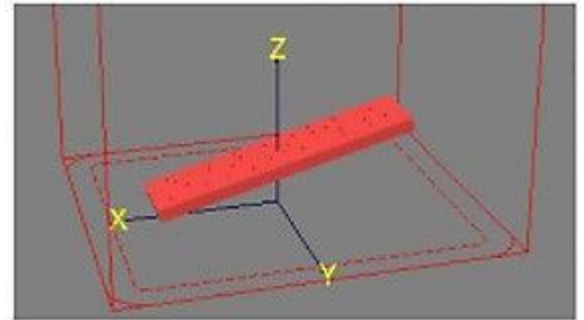
Исправление скрученных деталей. Иногда скручивание можно устранить или минимизировать следующими способами.

1. Закрепите деталь на плоской поверхности.
2. Поместите деталь в печь на один час при температуре 80 °С.
3. Выньте деталь из печи и оставьте остывать в течение 2–4 часов или на ночь. Только после этого можно снять крепления.

Предотвращение скручивания при печати.

Для предотвращения скручивания деталей вы можете предпринять следующие действия (по одному или в комплексе).

- Прежде всего следует использовать технику перегрева. См. раздел [«Перегрев»](#). Если проблема не решена, попробуйте воспользоваться советами из следующих пунктов.
- **Попробуйте воспользоваться тепловым барьером.** Если вы еще не используете этот метод, уложите бракованные детали тонким слоем под детали, которые необходимо напечатать.
- **Увеличьте уставку печатной площадки.** Увеличьте уставку PID печатной площадки на 1 или 2 °С. Слишком сильное увеличение уставки PID печатной площадки может вызвать сложности с отделением деталей и уменьшить объем материала, подлежащего переработке.
- **Измените ориентацию детали.** Поверните деталь на 15° по оси Y. Это позволит уменьшить нагрузку при охлаждении.
- **Послойная печать.** Печатайте детали на третьем или четвертом слое остатков материала. Сведения о настройке послойной печати см. в разделе [«Настройка печати»](#).
- Увеличьте время остывания. Оставьте остатки материала остывать внутри системы SLS дольше, чем на час. Затем перед отделением деталей оставьте остатки материала до полного охлаждения за пределами системы SLS.



Ориентация детали, которая позволит избежать скручивания

ЗАПЕКАНИЕ ВО ВРЕМЯ ПЕЧАТИ

Описание. Небольшие участки материала плавятся на печатной площадке и становятся блестящими. Это происходит во время печати, а не на стадии запекания. Точка плавления материала DuraForm ProX HST приблизительно на 1 °С или 2 °С выше, чем точка закипания.

Возможная причина. Для запекания может быть несколько причин.

- ИК-датчик неверно откалиброван, или его окошко загрязнено.
- Неустраненная проблема недостаточной подачи.
- Уставка нагревателя для детали в профиле печати установлена на слишком высокое значение.
- Система пытается слишком быстро поднять температуру до значения уставки.

Визуальные признаки. Вся печатная площадка или ее отдельные области начинают блестеть. В самых сложных случаях материал полностью расплавляется.

Последствия. Запекание может негативно сказаться на однородности слоя. Детали могут с трудом отделяться от остатков материала во время грубого отделения. Остатки материала могут сдвинуться на печатной площадке. В особо сложных случаях они могут расплавиться и превратиться в сплошной блок материала.

Корректирующие меры. Если не принять меры, запекание может перейти в сильное плавление, и вы не сможете продолжить печать. Попробуйте снижать температуру печатной площадки, пока процесс плавления не остановится. Если происходит интенсивное плавление, завершите печать и устраните засор из расплавленного порошка, в противном случае он повлияет на уставки печати для следующих нескольких сантиметров модели. Есть несколько способов, позволяющих предотвратить запекание. Они представлены ниже.

- В профиле параметров печати уменьшите значение уставки нагревателя для детали.
- Для стадии предварительного нагрева в профиле печати измените уставки нагревателя.
- Воспользовавшись автономной калибровкой, убедитесь, что калибровка ИК-датчика верна. См. раздел [«Автономная калибровка ИК»](#).
- Если вы выполнили все указанные выше действия, но плавление все еще происходит, вероятно, вам необходимо обратиться к сертифицированным специалистам для калибровки датчика ИК.

Связанные проблемы. См. разделы [«Кристаллы и конденсация»](#) и [«Расплавление на печатной площадке»](#).

НАРОСТЫ

Описание. Нарост образуется как спекание материала на детали, делая контуры нечеткими и изменяя размеры детали.

Наросты особенно заметны на небольших деталях или отверстиях. Разница между наростом и излишком по оси Z состоит в том, что нарост может возникать на любом краю детали, тогда как излишек по оси Z относится только к поверхностям, направленным вниз.

Возможная причина. Вероятно, установлена слишком большая мощность лазера для широких поперечных сечений, или температура печатной площадки слишком высокая.

Визуальные признаки. Наросты могут не быть заметны во время печати.

Последствия. Если деталь содержит тонкие элементы, они могут быть смазаны. Размеры детали могут измениться. Возможно затрудненное или невыполнимое отделение детали.

Корректирующие меры. Уменьшите значение уставки PID нагревателя для детали. Уменьшите значение мощности лазера при заполнении.

Связанные проблемы. См. раздел «[Вымывание](#)».

РАСПЛАВЛЕНИЕ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Описание. Материал, расположенный на печатной площадке, расплавляется и затвердевает.

Возможные причины могут включать следующие аспекты.

- ИК-датчик неверно откалиброван, или его окошко загрязнено.
- Заданно слишком высокое значение нагревателя для детали.
- Система пытается слишком быстро поднять температуру до значения уставки.

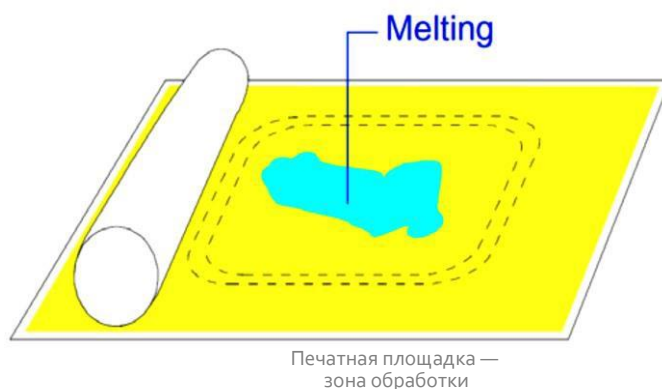
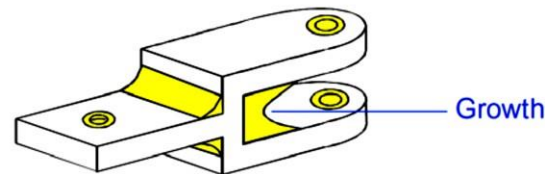
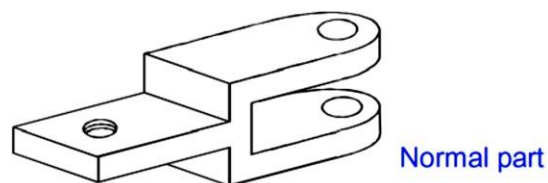
Визуальные признаки. Плавление происходит на небольших участках в самых горячих зонах печатной площадки. Вы можете определить самые горячие точки печатной площадки, найдя зоны, в которых плавление начинается раньше всего.

Последствия. Расплавление происходит после запекания. Повышается температура печатной площадки. Расплавление — это значительно более серьезная проблема, чем запекание.

Корректирующие меры. Завершите печать. Существует несколько вариантов действий, которые можно предпринять для предотвращения расплавления.

- В профиле параметров печати уменьшите значение уставки нагревателя для детали и (или) используйте линейное изменение уставок нагревателя.
- Убедитесь, что температура блока ИК-датчика является верной и что основной нагреватель работает.
- Выполните автономную калибровку ИК-датчика. См. раздел «[Автономная калибровка ИК](#)».
- См. раздел «[Очистка системы SLS](#)».
- Если ни один из указанных выше пунктов не устраняет проблему плавления, обратитесь к сертифицированному специалисту для калибровки ИК-датчика и (или) регулировки термопар.

Связанные проблемы. См. разделы «[Растрескивание печатной площадки](#)», «[Кристаллы и конденсация](#)» и «[Запекание во время печати](#)».



ПРОПУСК СКАНИРОВАНИЯ

Описание. Лазер не полностью сканирует зону заполнения на детали.

Возможные причины. Ошибка в файле STL. Эта проблема не связана с материалом.

Визуальные признаки. Видно, что область сканируется неправильно.

Последствия. Неправильная геометрия детали, свойства детали могут измениться в худшую сторону.

Корректирующие меры. В зависимости от степени серьезности проблемы может понадобиться завершить печать и начать заново. Если пропуск сканирования относится только к одному слою или срезу, возможно, вам удастся завершить печать.

Если у вас возникает проблема пропуска сканирования, регулярно, до начала печати проверяйте файл STL на наличие всех граней, а также на правильность нормалей, используя приложения предварительного просмотра. Если в файле STL ошибка, необходимо проверить исходный CAD-файл.

Если в исходном CAD-файле ошибки нет, возможно, STL-файл поврежден. Создайте новый файл и снова запустите предварительный просмотр модели. Если проблема сохраняется, обратитесь в службу поддержки клиентов 3D Systems.

Если ошибка в исходном CAD-файле, внесите в CAD-файл необходимые изменения и сохраните его в формате STL. Создайте пакет для печати с использованием нового файла и напечатайте деталь еще раз.

Связанные проблемы. См. раздел «[Случайные векторы](#)».

«АПЕЛЬСИНОВАЯ КОРКА»

Описание. Вертикальные поверхности детали характеризуются пробелами и углублениями, которые формируют структуру, напоминающую кожуру апельсина. Эта проблема часто возникает на поверхностях, которые печатаются параллельно с передней частью системы.

Возможные причины. Недостаточная плотность материала на поверхности детали, вызванная слишком большим количеством циклов переработки материала или неверными значениями температуры в печатной камере.

Визуальные признаки. Нет.

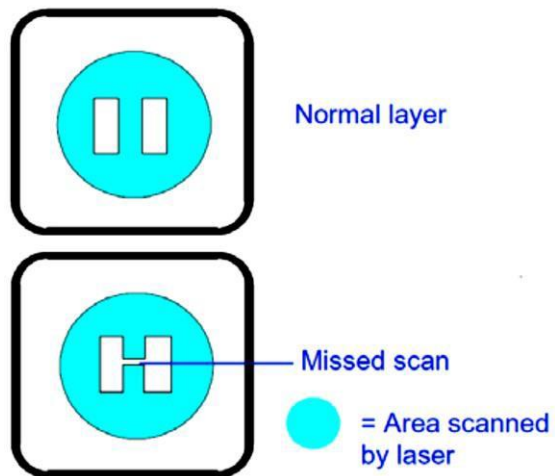
Последствия. Хотя другие свойства не меняются, поверхность и внешний вид детали страдают. **Корректирующие**

меры. Выполните одно из следующих действий.

- Убедитесь, что вы правильно выполняете процедуры просеивания и переработки материала. Устраните несоответствия. См. разделы «[Просеивание материала](#)» и «[Вторичное использование материала](#)».
- Повысьте процент свежего порошка относительно использованного.
- Увеличьте время задержки до и (или) после добавления порошка.
- В профиле детали увеличьте мощность лазера.
- В профиле печати увеличьте уставку нагревателя для детали.

Связанные проблемы. См. раздел «[Слабые места и пористость](#)».

Part cross-section



НЕДОСТАТОЧНАЯ ПОДАЧА

Описание. Ролик не подает достаточно материала для перекрытия предыдущего слоя.

Возможная причина. Недостаточная подача может возникать при малом объеме материала для подачи или если поперечные сечения деталей изменяются от малого к большому.

Визуальные признаки. См. описание.

Последствия. Деталь получается непрочной, может расслаиваться в тех областях, где была недостаточная подача материала, поверхность детали неоднородна.

Корректирующие меры. Увеличьте параметры количества подачи в профиле параметров печати или воспользуйтесь кнопкой цикла инициализации.



Осторожно! Будьте внимательны при изменении параметров подачи. Подаваемый материал в процессе печати имеет значительно более низкую температуру, чем материал на печатной площадке. Слишком большой объем подачи может вызвать чрезмерное охлаждение детали по мере подачи материала, что приведет к скручиванию во время печати и преждевременному выпуску материала.

Вы также можете использовать кнопку цикла инициализации, чтобы покрыть деталь.

Связанные проблемы. См. разделы «[Расплавление на печатной площадке](#)» и «[Слабые места и пористость](#)».

СЛУЧАЙНЫЕ ВЕКТОРЫ

Описание. Между двумя областями заполнения возникает линия, которой не должно быть.

Возможные причины. Ошибка в файле STL. Вершины граней не совпадают. Эта проблема не связана с материалом.

Визуальные признаки. Лазер сканирует область поперечного сечения, которую не должен сканировать. Это обычно приводит к появлению линий, связывающих области заполнения.

Последствия. Случайные векторы затрудняют очистку и отделение деталей.

Корректирующие меры. До начала печати проверьте файл STL на наличие случайных векторов, используя вкладку предварительного просмотра в ПО подготовки модели. Немного поверните деталь. Снова выполните предварительный просмотр. Проверьте исходный CAD-файл.

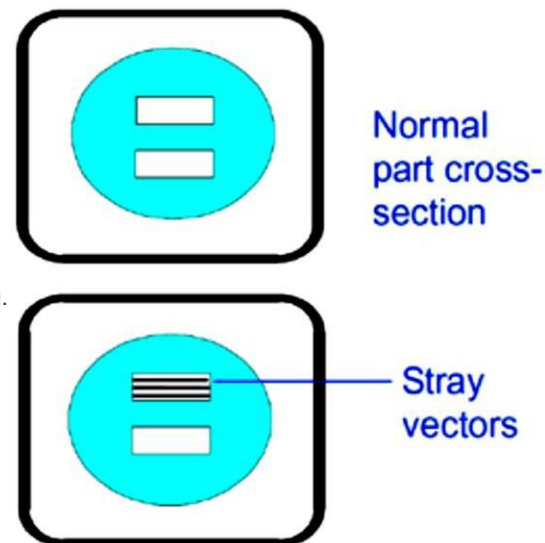
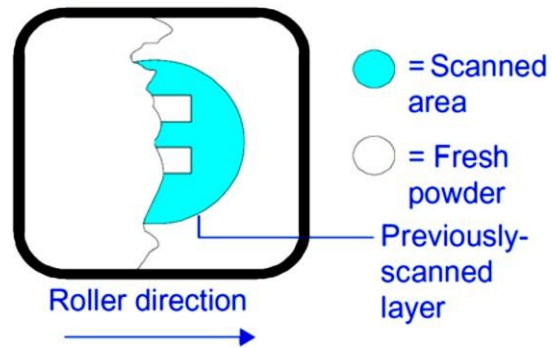
Если исходный CAD-файл является правильным, вероятно, был поврежден STL-файл, и необходимо создать новый. Повторите эту процедуру, чтобы сохранить файл в формате STL, скопируйте новый файл на компьютер с системой SLS и, используя новый файл, настройте пакет печати и просмотрите его еще раз. Если проблему устранить не удалось, обратитесь в службу поддержки клиентов компании 3D Systems.

Если ошибка в исходном CAD-файле, внесите в него необходимые изменения и сохраните в формате STL. Затем скопируйте новый файл на компьютер с системой SLS. Создайте пакет для печати с использованием нового файла и напечатайте деталь еще раз.

Если проблема случайных векторов не приобрела серьезного распространения, отпилите или отрежьте их. Если проблема слишком серьезна, может потребоваться прекратить печать; попытка удалить значительные излишки, связанные со случайными векторами, из детали во время ее отделения может привести к излому.

Связанные проблемы. См. раздел «[Пропуск сканирования](#)».

Top view of part bed



ВЫМЫВАНИЕ

Описание. Углы, направленные вниз, теряют четкость и становятся округлыми.

Возможные причины. По мере охлаждения детали тепло передается на прилегающий материал, вызывая налипание материала на поверхности детали (нарост). Угловые части детали охлаждаются быстрее, чем плоские поверхности, поэтому на углах наросты накапливаются меньше. Это вызывает скругление углов.

Визуальные признаки. Можно наблюдать вымывание при заполнении небольших отверстий расплавленным материалом. Либо вымывание проявляется на деталях после отделения.

Последствия. Контуры детали становятся округлыми, в основном на краях, направленных вниз. Вымывание может сопровождаться наростом.

Если вы вовремя исправите вымывание детали, то сможете продолжить печать лишь с небольшим наростом однако, на готовой детали все равно будут видны следы вымывания.

Корректирующие меры. Уменьшите значение параметра мощности лазера при заполнении. Возможно, вам потребуется обработать несколько деталей с точными контурами на разной мощности лазера, чтобы оптимизировать значение этого параметра.

Связанные проблемы. См. разделы [«Излишек по оси Z»](#), [«Наросты»](#) и [«Расплавление на печатной площадке»](#).

СЛАБЫЕ МЕСТА И ПОРИСТОСТЬ

Описание. Детали легко согнуть, на изломе видны остатки спекшегося порошка. При ударе о твердую поверхность издает глухой звук, в отличие от звонкого металлического звука деталей, обладающих высокой плотностью.

Возможные причины. Окошко лазера сильно перекрыто конденсацией или мощность лазера недостаточна. Если материал DuraForm ProX HST переработан, для достижения высокой плотности может потребоваться более высокая мощность лазера.

Визуальные признаки. Существует слабо заметный контраст между расплавленными и нерасплавленными областями на печатной площадке. Во время сканирования сечения с низкой плотностью могут давать светло-серую тень в отличие от темно-серой тени, характерной для высокой плотности.

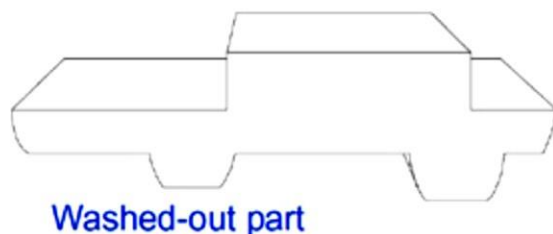
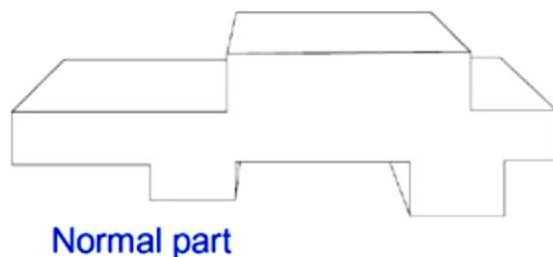
Последствия. Деталь характеризуется низкой прочностью и плотностью. Во время печати может возникнуть скручивание. Детали, напечатанные из материала DuraForm ProX HST допускают небольшую пористость, если вам необходимы очень четкие и острые элементы или края. Механические свойства пористых деталей (такие как деформационная прочность и прочность на разрыв) составляют приблизительно от одной трети до половины значения соответствующих свойств плотных деталей.

Корректирующие меры. Способы сведения проблемы к минимуму.

- Очистите окно лазера (см. раздел [«Очистка окна лазера»](#)).
- Увеличьте параметр мощности лазера при заполнении для печати.
- Увеличьте параметр установки PID температуры печатной площадки.
- Утилизируйте уже использовавшийся материал и замените его новым.

Если эти действия не помогли повысить плотность детали, обратитесь к специалисту по техническому обслуживанию для проверки лазера и его фокусировки.

Связанные проблемы. См. раздел [«Кристаллы и конденсация»](#).



5 ПРИЛОЖЕНИЕ А. ЮРИДИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРСКИХ ПРАВАХ И ПРАВООБЛАДАТЕЛЯХ

© 3D Systems, Inc., 2018 Все права защищены. Возможно внесение изменений в этот документ без предварительного уведомления. Эмблема 3D Systems является зарегистрированным товарным знаком компании 3D Systems, Inc. Этот документ защищен авторским правом и содержит информацию, которая является собственностью компании 3D Systems, Inc. Обладающий лицензией пользователь, на имя которого зарегистрирован данный документ («лицензированный пользователь»), не имеет права на копирование, воспроизведение или перевод данного документа любыми способами и с использованием любых носителей информации без предварительного письменного разрешения компании 3D Systems, Inc. Продажа или передача копий данного документа третьим лицам или организациям запрещена.

ОГРАНИЧЕНИЯ ГАРАНТИИ И ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Эта информация предоставляется компанией 3D Systems для удобства клиентов. По имеющимся у нас данным информация является надежной, однако компания НЕ ДЕЛАЕТ КАКИХ-ЛИБО ЗАЯВЛЕНИЙ И НЕ ДАЕТ ГАРАНТИЙ ТОЧНОСТИ УКАЗАННОЙ ИНФОРМАЦИИ И ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, А ТАКЖЕ НЕ ГАРАНТИРУЕТ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДАННОЙ ИНФОРМАЦИИ. Информация целиком или в большей части основана на результатах лабораторных работ и не обязательно отражает функционирование оборудования во всех условиях эксплуатации. Независимо от любой информации, предоставленной компанией 3D Systems или ее филиалами, клиент несет полную ответственность за определение федеральных, государственных или местных законов и норм или отраслевых практик, применимых к выполняемым операциям, а также за соответствие фактических условий эксплуатации этим законам, нормам или стандартам, а компания 3D Systems не несет за это ответственности.

НИ ПРИ КАКИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ КОМПАНИЯ 3D SYSTEMS НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБЫЕ УБЫТКИ, В ТОМ ЧИСЛЕ КОСВЕННЫЕ, ВОЗНИКШИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЛИ СВЯЗАННЫЕ С ДАННОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ. КЛИЕНТ ПРИНИМАЕТ НА СЕБЯ ВСЕ РИСКИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННОЙ ИНФОРМАЦИИ.

Последующее использование клиентом материалов означает его согласие с обозначенными выше условиями. При несогласии с этими условиями клиент должен вернуть данный материал в компанию 3D Systems. Приведенная здесь информация никоим образом не может расцениваться как разрешение, рекомендация или поощрение к использованию любого запатентованного изобретения без согласия владельца патента.

ТОВАРНЫЕ ЗНАКИ И ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ ТОВАРНЫЕ ЗНАКИ

DuraForm является зарегистрированным товарным знаком, и ProX является товарным знаком компании 3D Systems, Inc.



3D Systems, Inc. 333 Three D Systems Circle Rock Hill, SC 29730
www.3dsystems.com

© 3D Systems, Inc., 2018 Все права защищены. Арт. 75-D14 РЕД. D