ABS-пластик (акрилонитрилбутадиенстирол, АБС) – ударопрочный термопластик, завоевавший высокую популярность в промышленности и в аддитивном производстве.

Отличные механические и физические свойства ABS-пластика обуславливают возможность применения этого материала для создания всевозможных объектов, имеющих практическую ценность. ABS-пластик широко применяется в автомобильной, медицинской и сувенирной промышленности, в производстве спортивного инвентаря, сантехники, банковских карт, мебели, игрушек и др.

Относительно невысокая стоимость ABS-пластика и сравнительная легкость использования в качестве расходного материала привели к высокой популярности ABS среди энтузиастов 3D-печати. ABS-пластик является одним из наиболее популярных материалов для печати методом послойного наплавления (FDM/FFF).

ABS-пластик относительно безопасен и не предоставляет угрозы в нормальных условиях. Тем не менее, нагревание ABS приводит к выделению токсичных паров акрилонитрила, что означает необходимость элементарных предосторожностей при 3D-печати. Объем испарений, как правило, невелик ввиду относительно медленного расхода материала при FDM-печати. Для обеспечения полностью безопасных условий требуется лишь хорошая вентиляция помещения или вытяжка. Стоит также иметь в виду, что ABS-пластик вступает в реакцию с этанолом, что приводит к выделению стирола.

Не следует использовать готовые изделия из ABS для хранения горячей пищи и напитков, либо алкоголя при любой температуре.

Плюсы и минусы

АБС — легкодоступный, недорогой, качественный материал, который совместим со многими видами 3D-устройств разных производителей. Изделия из пластика получаются прочными, долговечными и устойчивыми к негативным условиям окружающей среды. Но как и у любого материала у него есть свои недостатки.

Итак, к плюсам пластика ABS можно отнести следующие характеристики:

дешевизна (одна катушка нити весом 1 кг обойдется примерно в 20–50 долларов);

долговечность (срок службы изделий из ABS больше, чем деталей из PLA);

минимальная деформация при больших нагрузках с дальнейшим возвращением к исходной форме;

легкость обработки разными методами (ручное шлифование, механическая полировка, химическое сглаживание и другие);

высокая механическая прочность;

влагоустойчивость и инертность по отношению к кислотам и маслам;

гибкость и эластичность;

большой выбор цветовых решений;

высокие показатели теплоемкости.

три вида пластика

Против такого количества достоинств выступает некоторое число минусов материала:

резкий, стойкий запах плавящегося пластика при печати, поэтому использовать 3D-принтер нельзя в жилом помещении;

сложность в использовании (для плавления необходима температура около 230 °C, а у некоторых принтеров это максимально возможная рабочая температура);

деформация по мере охлаждения (сжимание);

расслаивание при неравномерном остывании изделия;

недоступность такого же высокого разрешения печати, как у PLA.

Свойства ABS-пластика

Рабочая темпертура - 220-270 град

Температура платформы - 105-115 град

Температура размягчения - 90-105 град.

Температура стеклования - 100 град

Температура самовоспламенения - 290 — 395 град.

Минимальная толщина стенки (рекомендуемая) - 0.8-1.2 мм

Минимальная толщина слоя (рекомендуемая) - 70% от диаметра сопла

Плотность - 1.07 г/с м³

Прочность при растяжении - 35-50 МПа (23 град.)

Прочность на изгиб - 41-45 МПа (23 град.)

Твердость (по Роквеллу) - 80 — 116 R

Усадка - 0.3-0.8%

Блеск (для марок с повышенным блеском, угол 60 град) - 93-95%

Водопоглощение (23 град., 24 часа, погружение) - 0.2 — 0.3%

Настройки печати ABS пластиком

Для достижения наилучшего результата печати очень важно выбрать оптимальные параметры. Причём многое будет зависеть от возможностей и типа 3Д-принтера. Выбор касается таких характеристик, как температура плавления, скорость печати, толщина слоя, температура стола (если имеется функция его подогрева). Часто, показатели подбираются опытным путём, то есть печатается черновой вариант, и вносятся при необходимости изменения. Поэтому ниже приведены усреднённые показатели настроек:

Температура плавления - 240-260 градусов по Цельсию

Толщина слоя - на 20% меньше диаметра сопла

Температура подогрева стола - 105-115 градусов по Цельсию

Коэффициент подачи пластика - 0,85-0,95

Скорость печати - 30-60 мм/с

Для ABS-пластика характерны проблемы с адгезией к рабочей платформе. Если она оснащена подогревом, то это будет идеальным вариантом. Дело в том, что пластик при остывании начинает отскакивать от платформы и последующие слои накладываются неправильно, возникает деформация. Чтобы этого избежать используют подогрев и специальные составы для повышения адгезии. Наиболее популярен раствор ABS-пластика в ацетоне, хотя этот вариант у многих вызывает опасения из-за специфического запаха и потенциального вреда для здоровья.

Фото напечатанных изделий из ABS

PLA-пластик (полилактид, ПЛА) - является биоразлагаемым, биосовместимым, термопластичным алифатическим полиэфиром, структурная единица которого - молочная кислота.

ПЛА-пластик производят из кукурузы или сахарного тростника. Сырьем для получения служат также картофельный и кукурузный крахмал, соевый белок, крупа из клубней маниока, целлюлоза. На сегодняшний день полилактид активно используется в качестве расходного материала для печати на 3D-принтерах. Натуральное природное сырье в составе PLA-пластика позволяет без угрозы для здоровья человека применять его для различных целей.

При изготовлении ПЛА-пластика значительно сокращаются выбросы углекислого газа в атмосферу по сравнению с изготовлением «нефтяных» полимеров. На треть уменьшается использование ископаемых ресурсов, применение растворяющих веществ не требуется вообще.

Как правило, PLA-пластик поставляется в виде тонкой нити, которая намотана на катушку. Пластик довольно прочный, но хрупкий, поэтому не рекомендуется применять его для изготовления ударопрочных изделий, например, чехлов для телефонов. PLA пластик отлично подходит для производства одноразовой посуды, бутылок для воды, а также различных игрушек, сувениров, моделей, прототипов деталей и механизмов. Изделия из PLA теряют форму при температуре около 60°С, поэтому не следует его применять там, где возможен нагрев до указанной температуры или выше. Он незаменим при изготовлении выжигаемых форм для литья, так как почти не оставляет золы.

Плюсы использования PLA-пластика

- бюджетный

- прочный

- биоразлагаемый

- обрабатывается дихлорметаном

Минусы использования PLA-пластика

- низкая термостойкость

- высокая хрупкость нити

- разлагается на открытом воздухе и под действием УФ-излучения

Технические характеристики PLA-пластика

Температура плавления - 173-178°C

Температура размягчения - 50°C

Твердость (по Роквеллу) - R70-R90

Относительное удлинение при разрыве - 3,8%

Прочность на изгиб - 55,3 МПа

Прочность на разрыв - 57,8 МПа

Модуль упругости при растяжении - 3,3 ГПа

Модуль упругости при изгибе - 2,3 ГПа

Температура стеклования - 60-65°C

Плотность - 1,23-1,25 г/см³

Минимальная толщина стенок - 1 мм

Точность печати ± 0,1%

Размер мельчайших деталей - 0,3 мм

Усадка при изготовлении изделий - нет

Влагопоглощение - 0,5-50%

Особенности 3D-печати пластиком PLA

PLA требует для печати меньшую температуру нагрева, чем другие пластики: от 180 °C, ABS – от 250 °C. PLA легко склеивается, шлифуется, полируется и красится. Детали из PLA можно сверлить и фрезеровать, но надо быть осторожным, чтобы их не расплавить: все манипуляции нужно проводить так, чтобы режущий инструмент не нагревался.

Сушка филамента

Филаменты на базе пластика PLA гигроскопичны, поэтому их необходимо хранить в герметично закрытой упаковке, а перед использованием рекомендуется просушить в специальных устройствах, таких как Wanhao Box 2.

Нагрев платформы печати

Для 3D-печати PLA не требуется наличия в принтере платформы с подогревом и нагреваемой камеры, этот материал не подвержен деформации и расслоению от перепада температур.в нормальных условиях.

Печать PLA на холодном столе

Для 3D-печати на платформе без подогрева используются различные средства, обеспечивающие хорошее прилипание первого слоя к материалу платформы — от фирменных покрытий типа Kapton или BuildTak до лака для волос или клеящего карандаша. При печати первых слоев необходимо настроить принтер на минимальную скорость печати и увеличить площадь первого слоя за счет рафта.

Параметры печати

Температура экструдера: 180-230 °C

Толщина слоя: на 20% меньше диаметра сопла

Коэффициент подачи: 0,97

Скорость печати: 30-80 мм/с

Температура платформы: 60-80 °C (не обязательно)

Охлаждение: отключить для первых слоев

Приведенные настройки достаточно условны и сильно зависят от производителя принтера, окружающих условий, марки филамента и его состояния, поэтому лучший способ подобрать настройки — проведение тестовой печати.

Охлаждение при печати PLA

При печати следует охлаждать экструдер, за исключением печати первых слоев: во время их печати кулер экструдера необходимо выключить, для лучшей адгезии слоя к платформе.

Фото напечатанных изделий из PLA

Нейлон заманчив в качестве материала для 3D-печати ввиду высокой износоустойчивости, доступности и отличного коэффициента скольжения, позволяющего использовать нейлон в подшипниках и других схожих механизмах, зачастую без использования смазки.

Несмотря на широкое распространение нейлона в промышленности, использование этого материала в 3D-печати достаточно ограничено в связи с определенными технологическими трудностями. Тем не менее, в последнее время появляются специализированные расходные материалы из нейлона, ориентированные на использование с SLS и FDM-принтерами.

Наиболее популярными примерами служат нейлоновые нити производства компании Taulman и Stratasys.

Нейлон имеет свои собственные преимущества:

Он очень прочный.

Нейлон также обладает отличной гибкостью.

Малая вероятность коробления.

Нейлон легко окрашивается.

После завершения печати деталь не имеет грубых краев. В результате он производит гладкие конечные продукты, не требующие последующей обработки.

Устойчивость к ультрафиолетовому излучению и высокой химической стойкости, чем PLA или ABS.

Недостатки

Нейлон гигроскопичен. Поэтому его необходимо хранить сухим.

Требует больше работы для настройки вашего принтера. И наоборот, некоторые принтеры будут совершенно неподходящими (проверьте скорость печати вашего принтера и максимальную температуру экструдера).

Нейлон имеет срок годности 12 месяцев.

Герметичность: некоторые нейлоновые нити необходимо хранить в герметичных контейнерах, чтобы не попала влага.

Нейлон может (потенциально) сжиматься во время охлаждения

Рекомендуемые настройки для печати нейлоном:

240 – 260°С – рекомендуемая температура экструдера;

70 85°С – температура подогрева рабочего стола (с нанесением ПВА клея);

30 -60 мм/сек – скорость печати;

0,2 – 0,4 мм – толщина слоя.

Основные требования к принтеру

Существует немало принтеров, которые могут печатать с помощью Nylon. Если вы планируете переключиться с другого пластика, используемого на одном и том же принтере на нейлон, не забудьте перекалибровать его. Если вы недавно использовали другую нить, вам следует очистить печатающую головку.

Закрытая / нагретая камера.

Подогреваемый стол не нужен для всех нейлоновых нитей (но предпочтительный).

Адгезионные листы. Они требуются для определенных печатных столов, потому что нейлон трудно прилипает. BuildTak является примером хорошего производителя адгезионных листов.

Если у вас возникла проблема с адгезионными листами, вы можете заменить их обычным клеем ПВА.

Лучше всего печатать с разрешением 200 микрон.

Требования к температуре

С этим пунктом сложнее. Нейлоны могут сильно варьироваться в зависимости от температуры, потому что у каждого бренда есть собственный ассортимент нейлонов. Требуемая температура будет зависеть от используемого размера или типа полимера. Поэтому температура может составлять от 220 ° C до 280 ° C.

Фото напечатанных изделий из нейлона

PSU – полисульфон, который является высокотемпературным полимером сульфона. Обладает отличной термической и химической стойкостью, что делает возможным применять его в сложных сферах: автомобильной, аэрокосмической, электронной, оборонной, пищевой, промышленной, сантехнической, медицинской.

Свойства PSU

Материал обладает превосходными термическими свойствами, что обеспечивает более высокую прочность и жесткость при повышенных температурах.

Превосходная гидролитическая устойчивость;

Высокая устойчивость к растрескиванию при воздействии окружающей среды;

Высокая устойчивость к гамма-излучению;

Сопротивляется наиболее распространенным автомобильным жидкостям, включая бензин, антифриз, трансмиссионную жидкость, моторное масло, жидкость для гидроусилителя руля, жидкость для омывателя лобового стекла;

Отличная стабильность размеров (низкая чувствительность к ползучести и низкий, равномерный коэффициент теплового расширения);

Высокая воспроизводимость размеров деталей;

Превосходная стабильность размеров;

Низкая абсорбция влаги;

Трудновоспламеняемый и самозатухающий материал;

Низкое дымообразование;

Высокая стойкость к радиации;

Чрезвычайно низкая абсорбция радиации микроволнового диапазона;

Сочетание жесткости, прочности при растяжении и твердости в широком диапазоне рабочих температур;

Хорошая обрабатываемость;

Хорошая свариваемость;

Хорошая термоформуемость;

Высокая верхняя граница рабочей температуры;

Низкий коэффициент термального расширения;

Хорошие диэлектрические свойства в широком диапазоне температур;

Для печати материалом обязательно наличие цельнометаллического экструдера и закрытой термокамеры у 3D принтера. Для повышения адгезии необходим перфостол или полиэфиримидная пленка. Перед печатью обязательно сушить пластик.

Настройки печати

Температура сопла 350-380°C

Температура стола 140-160°C

Обдув не рекомендуется

Рекомендуемый адгезив спец покрытие

Мин. диаметр сопла 0.4 мм

Фото напечатанных изделий из полисульфона

Силикон – это название группы полимеров, состоящих из цепочек чередующихся атомов кремния и кислорода. Органические группы прикрепляются к атомам кремния, в результате чего получаются материалы с особыми свойствами — устойчивые к химическому воздействию и разным температурным режимам. Благодаря этим свойствам силикон часто используется для производства медицинских объектов, которые должны быть устойчивы к различным колебаниям условий окружающей среды.

Традиционно силикон используется в производстве по технологии инжекционного формования термопластов, оно же литье под давлением. При этом используется полая заготовка в форме нужного объекта, куда заливается расплав полимера. Жидкий полимер удерживается в заготовке под давлением до полного остывания. Далее литьевую заготовку раскрывают и удаляют готовое изделие из её полости.

Силикон отлично подходит для инжекционного литья благодаря своим уникальным физическим свойствам. Тем не менее, в отличие от аддитивной 3D-печати, инжекционное моделирование объектов имеет высокую себестоимость и не позволяет создавать мелкие детали. Но в 2016 году химическая компания Wacker Chemie объявила, что нашла эффективный способ 3D-печати с помощью силикона. Вскоре после этого компании Envisiontec, Carbon 3D и Fripp Design также представили на рынок оборудование и материалы, специально предназначенные для работы с силиконом на 3D-принтерах.

3D-печать силиконом напоминает печать шоколадом или другими материалами, которые должны оставаться жидкими в процессе печати. Вместо твердого нитевидного филамента (волокна), который обычно подают через экструдер, силикон предварительно расплавляют и продавливают через экструдер небольшими каплями, которые укладываются слоями друг на друга. 3D-принтер использует разработанный вами дизайн и моделирует объект: намечает, где поместить капли и как близко они должны быть друг к другу.

Но чтобы силикон затвердел и хорошо держал форму, его нужно вулканизировать. Вулканизация осуществляется с помощью ультрафиолетового излучения, направленного в область печати. Излучение образует поперечные связи между участками полимерной цепи. Это укрепляет силикон достаточно, чтобы он надолго сохранял свою форму, повышает его прочность.

Характеристики силикона

Время жизни, мин (при 23 °С) - 45

Время отверждения - 6 ч

Вязкость сП - 12500

Модуль упругости при 100 % удлинении, МПа - 0.66

Плотность - 1.12

Предел прочности на разрыв, МПа - 2.90

Прочность на раздир, kH/M - 15.41

Рабочий диапазон температур - 19°C до +232°C

Соотношение по весу - 1А:1В

Твёрдость по Шору А - 30

Усадка спустя 24 часа после формования, % - 0.254

Области применения силикона вытекают из разнообразных свойств материала:

Устойчивость к воздействию агрессивных сред и отсутствие токсического действия на ткани организма, то есть биологическая совместимость силикона, нашли применение в различных отраслях медицины, особенно в качестве сырья для изготовления индивидуальных имплантатов. Другие случаи применения включают производство продуктов контактирующих с кожей: респираторные маски, слуховые аппараты, носовые упоры для очков, подушечки для наушников, напульсники и многие другие приспособления для постоянного ношения.

Устойчивость к экстремальным температурам и солнечному излучению делают силикон пригодным в автомобилестроении, а также для производства предметов, предназначенных для работы под открытым небом. Пример: заглушки и шланги.

Эластичность силикона позволяет применять его в сферах, где требуются высокая гибкость и упругость, например — в производстве стелек для беговых кроссовок.

Прозрачность делает силикон полезным в оптическом оборудовании. Из него делают контактные линзы.

Уникальные гидроизоляционные свойства делают силикон идеальным материалом для герметизации соединений в автомобильной промышленности, а также для изготовления уплотнителей в гидравлических системах.

Фото напечатанных изделий из силикона

Высокопрочный полистирол (high-impact polystyrene, HIPS) — термопластичный полимер. Его получают, добавляя во время полимеризации полибутадиен к полистиролу. В результате образования химических связей полистирол приобретает эластичность бутадиенового каучука, и получается высококачественный прочный и упругий филамент.

Полистирол был впервые промышленно использован в 1931 году компанией IG Farben, почти через столетие после его открытия. Чистый полистирол довольно хрупок и непригоден для многих применений, поэтому его комбинируют с полибутадиеном или каучуком, для создания так называемого сополимера. Это делает пластик значительно прочнее и превращает чистый полистирол в HIPS, который может быть использован, например, для создания упаковки.

HIPS стал стандартной дешевой заменой изделий, изготавливаемых до этого из штампованного оцинкованного железа. Сегодня детали из него можно найти в автомобилях, электронных приборах, корпусах для ноутбуков, стаканчиках для безалкогольных напитков, пластиковых столовых приборах, упаковке пищевых продуктов и во многих других областях. Чтобы получить представление о том, как HIPS выглядит и ощущается – большинство баночек для йогурта сегодня производится именно из этого материала, поскольку он жесткий, влагонепроницаемый и безопасный для пищевых продуктов. HIPS легко подвергается термоформованию и на 100% пригоден для вторичной переработки.

Достоинства HIPS как материала для печати

Многие характеристики HIPS похожи на характеристики ABS, PLA или SBS, однако отличаются в лучшую сторону:

Материал не поглащает влагу, лучше переносит условия внешней среды, не подвержен разложению. Дольше хранится в открытом состоянии без упаковки.

Мягкий, лучше поддается механической постобработке.

Легкость и низкое водопоглощение позволяют при соблюдении определенных условий создать не тонущий в воде объект.

Неокрашенный HIPS имеет ярко-белый цвет, что дает ему эстетические преимущества. Матовая фактура визуально сглаживает слои и шерошоватости печати.

Из него производится пластиковая посуда. Еще более важно то обстоятельство, что он безвреден для людей и животных и является неканцерогенным.

К недостаткам можно отнести выделение токсичного стирола при нагревании, плохую стойкость к растворителям, горючесть и необходимость использования умеренно токсичного d-лимонена в работе.

К основным характеристикам пластика HIPS относятся:

Плотность 1.04 г/см³;

Прочность, гибкость и ударопрочность;

Усадка и деформация: от минимальной до нормальной;

Долговечность в обычных условиях;

Безопасен для людей и животных;

Не является канцерогеном;

Растворим в d-лимонене;

Температура плавления 180-260 °C;

Температура стеклования 100 °C;

Модуль упругости при растяжении 1,55 ГПа;

Предел прочности при растяжении 22 МПа;

Выделение токсичных веществ при нагревании;

Низкая цена;

Водонепроницаемость.

HIPS очень похож на ABS, но способен выдерживать гораздо более высокие ударные нагрузки. Он легко окрашивается, обрабатывается и работает с большим количеством клеев. HIPS безопасен для пищевых продуктов и соответствует требованиям FDA для пищевой промышленности. В 3D-печати HIPS в основном используется в качестве вспомогательного материала, поскольку растворяется в d-лимонене, что избавляет пользователей от необходимости удаления лишних деталей с помощью абразивов, режущих инструментов или подобных вещей, которые могут повредить напечатанную деталь.

Печать HIPS весьма схожа с печатью ABS-пластиком. Материал несколько привередлив ввиду относительно высокой степени усадки, что требует использования подогреваемой платформы и, как правило, рафтов. Кроме того, весьма желательно использование принтеров с закрытым корпусом для поддержания фоновой температуры. Единственным существенным отличием является более высокая температура экструзии порядка 230°С-240°С, но как уже было сказано, распространенные под видом ABS-пластика сополимеры ABS и полистирола требуют аналогичного температурного режима.

Так как HIPS достаточно легко растворяется в Лимонене (очищенном цитрусовом масле), HIPS может быть использован в качестве материала для построения опор при печати ABS-пластиком при условии наличия двойного экструдера. Наиболее известным и удобным опорным материалом считается водорастворимый поливиниловый спирт (PVA), однако этот материал несравнимо более дорог – примерно в 4,5 раза. С другой стороны, Лимонен тоже относительно дорог, но в целом использование комбинации полистирола и Лимонена более выгодно.

Опять же, для использования HIPS в качестве опорного материала при печати ABS необходимо предварительно убедиться в отсутствии полистирола в ABS-нити, иначе может раствориться сама модель. Для проверки достаточно выдержать кусочек ABS-пластика в Лимонене в течение нескольких часов. Стоит иметь в виду, что несмотря на свое органическое происхождение, Лимонен является достаточно сильным раздражителем кожи и слизистых оболочек. Настоятельно рекомендуется использовать защитные перчатки и очки.

Параметры печати

Температура экструдера: 220-240 °C;

Температура платформы: 90-110 °C;

Скорость печати: от 40 до 80 мм/с;

Охлаждение: отключить для первых слоев.

Приведенные настройки достаточно условны и сильно зависят от производителя принтера, окружающих условий, марки филамента и его состояния, поэтому лучший способ подобрать настройки — напечатать тестовую деталь.

Фото напечатанных изделий из HIPS

PETG – это износостойкий сополиэфир (комбинация). PET означает полиэтилентерефталат (вспомните о пластиковых бутылках), а G говорит о том, что он модифицирован гликолем для большей долговечности.

Если коротко, то это действительно прочный материал, исключительно крепкий и без запаха при печати. Стоит только выставить правильные настройки, и печать пойдет как по маслу. Вот несколько основных преимуществ печати этим материалом и самые главные характеристики филамента PETG:

PETG очень прочный. Но в тоже время царапается легче, чем ABS, который тверже. Менее гибкий, чем PLA или ABS, но в тоже время более мягкий. Вам придется приложить немало усилий, чтобы разломить пополам выполненный из него образец. В том случае если вам нужно что-то неломающееся, или вы печатаете какой-либо корпус, то PETG победит почти всех (кроме Nylon 12). Он почти не сжимается, поэтому не перекашивается. Идеален для крупных распечаток.

Из пластика PETG получаются великолепные опорные структуры, так как он хорошо прилипает. Вследствие чего сцепление между слоями просто фантастическое, так что распечатки получаются долговечными. Стоит обратить внимание, что пластик прилипает и к рабочему столу, так что осторожно снимайте его после печати. Этот пластик химически очень стоек, не боится щелочей, кислот, воды. Не пахнет при печати

Обычно филамент PETG предлагается в широком ассортименте полупрозрачных цветов, а напечатанные фигуры имеют блеск. Поэтому данный материал идеален для печати всего того, что не должно разбиться и должно быть прозрачным. Многие из тех, кто сначала пробовал PLA, а затем ABS, приходят к PETG.

Достоинства:

Сравнительно простая печать;

Устойчивость к высоким температурам;

Высокая прочность;

Возможность использования цветного филамента;

Низкая стоимость;

Возможность переработки;

Устойчивость к воде;

Возможность использования для пищевых контейнеров.

Недостатки:

В процессе печати на изделии остается большое количество нитей (“паутина”, “спагеттификация”, “стрингинг”).

Основные характеристики полимера:

Плотность: 1,26 г/см³;

Прочность;

Устойчив к разбавленным кислотам и растворам щелочей при комнатной температуре;

Температура плавления: 240 °C;

Температура стеклования: 85 °C;

Стойкость к нагреву: до 75 °C.

Как печатать PETG

Как и в случае с любыми другими материалами для 3D-печати, следует обратить внимание на его особенности и понимать, в чем может крыться причина тех или иных проблем. Это позволит напечатать вашу задумку с первого раза. Данный пластик предполагает, что при печати следует учитывать его некоторые особенности.

Иногда PETG может потребовать немного большое времени на общую и тонкую настройку параметров филамента. Это такие небольшие особенности, которые могут простить некоторые другие филаменты, вроде PLA. При этом нельзя сказать, что здесь есть что-то сложное, нужно просто иметь немного больше терпения.

Зато, если все параметры выставлены правильно, вы сами увидите, что печать PETG – мечта “поэта”. Ничего нигде не перекашивает, никакого запаха при печати, а то, что слои отлично между собой сцепляются, – это вообще одно из самых замечательных свойств данного материала. Если вы используете полиэтиленовый филамент высокого качества, то, скорее всего, вам будет достаточно лишь выставить температуру PETG, – и вперед! При печати PETG обычно оставляйте дополнительный зазор в 0,2 мм

Настройки при печати PETG

Мы рекомендуем выставить температуру печати PETG примерно в 220-245 °C, в зависимости от используемого экструдера. Оптимальная температура рабочего стола – около 70-75 °C; возможно, на пару градусов больше для нескольких первых слоев.

На какой поверхности лучше всего печатать PETG? Как показывает наш опыт, лучше всего на покрытиях FIXPAD, пленке или синей малярной ленте. Впрочем, PETG будет отлично прилипать и к другим поверхностям, обеспечивая хорошие условия для следующего, очень важного шага.

Этот материал не требуется выкладывать непосредственно на подогретый рабочий стол, лучше оставить некоторый зазор по оси Z. Если сопло экструдера находится слишком близко к столу или предыдущему слою, будет образовываться пленка, а вокруг сопла – паутина. Рекомендуется начинать поднимать сопло с шагом 0,02 мм – пока не перестанет образовываться пленка.

Вентилятор. В принципе, если вам нужно напечатать как можно более прочный объект, печатайте без обдува. Более высокая температура PETG способствует суперсильному сцеплению. Расплавленный PETG прилипает к предыдущему слою на удивление хорошо. Но если вам нужны более мелкие детали, без «лапши», вам точно потребуется выставить охлаждение на 100%. Быстрое охлаждение на выходе из сопла позволит печатать тонкие детали, без волос и клякс.

Мы советуем печатать без охлаждения первый слой, возможно, еще и второй, после чего включить вентилятор на полную. Если же проблемы с некоторой волосистостью остаются, вы на свой страх и риск можете предоставить управление вентилятором автоматике, но это будет ваш выбор.

Следующие моменты отличают настройки охлаждения при печати этим филаментом. Их нужно выставить правильно, под имеющуюся задачу. Вообще, полезно поэкспериментировать: какова будет реакция филамента на те или иные изменения в параметрах печати.

Печатайте немного медленнее, лучше на скорости около 55 мм/с или меньше; если выше 60 – то филамент может выкладываться недостаточно быстро.

PETG может оказаться чувствительным к переэкструдированию (забивание и т.п.). Если такая проблема есть, посмотрите в параметрах экструдирования, достаточно небольшой подстройки (например, втягивания).

Едва ли вы столкнетесь со всеми этими проблемами сразу. Но тем не менее, как и у любого другого материала 3D-печати, у этого есть свои нюансы, требующие уточнения. Как только вы поймете причину каждой из проблем,и найдете её решение, вы увидите, как быстро все пойдет дальше.

Фото напечатанных изделий из PETG

PP (полипропилен-(C3H6)n) — жесткий кристаллический термопласт из пропенового мономера. Относится к семейству полиолефинов. Является одним из трех широко используемых полимеров. Полипропилен имеет применение в качестве пластика и волокна.

PP отлично подходит для применений с высоким циклом. Известен низкой прочностью из-за его сопротивления усталости, полугибких и легких характеристик.

Полипропилен известен как универсальный и долговечный термопластик, легкий и чрезвычайно прочный. В зависимости от процесса полимеризации, использованного для его создания, могут быть достигнуты различные свойства и текстуры. Вот некоторые из его преимуществ:

Прочность на растяжение: несмотря на легкий вес, материал способен выдерживать большие нагрузки.

Эластичность и ударная вязкость: полипропилен считается прочным материалом, потому что он может деформироваться без разрушения. Он также очень гибкий, что позволяет легко придавать ему различные формы и гарантирует, что ПП может выдерживать значительные деформации без разрушения.

Устойчивость к усталости: именно по этой причине крышка для шампуня изготовлена из полипропилена! Полипропилен сохраняет свою форму после сгибания или кручения. Это делает его подходящим для изделий с подвижными петлями (например, клапан на крышке шампуня).

Водостойкость: полипропилен абсолютно водонепроницаем. Это свойство необходимо для применения в условиях полного погружения - в медицине и различных отраслях промышленности.

Светопроницаемость: благодаря этому можно создавать эстетичные изделия.

Низкая стоимость: это делает его доступным для широкого круга пользователей.

Высокая температура плавления. По сравнению с другими пластмассами, имеющимися на рынке, высокая температура плавления ПП делает его отличным выбором для пищевых приборов (контейнеров, кухонных принадлежностей), где требуются высокие температуры, а также лабораторных приборов.

Позволяет добавлять различные цвета: этот процесс не ухудшает свойства пластика.

Биологическая устойчивость: не способствует образованию плесени и не разрушается под действием биологических факторов, таких как бактерии или грибки, в краткосрочной перспективе.

Какие недостатки?

Как бы печально это не звучало, ПП имеет ряд недостатков:

Легковоспламеняющийся: этот материал может легко гореть, но есть марки, которые более устойчивы к этому.

Ультрафиолетовое излучение: подвержен воздействию ультрафиолетового излучения.

Ограниченное использование при высоких температурах: хотя он может выдерживать некоторое количество тепла, высокая температура разрушает ПП.

Плохая устойчивость к хлорированным растворителям и ароматическим веществам.

Плохая склеиваемость: это затрудняет окрашивание, а также влияет на его прилипание к определенным клеям, которые используются в качестве точки контакта, например, для установки мебели. Однако адгезионная прочность может быть увеличена, что позволяет использовать различные красители.

Подвержен окислению.

Основные свойства полипропилена

Плотность, г/см - 0,90 – 0,92

Массовая доля изотактической фракции, % - 95 – 98

Массовая доля атактической фракции, % - 2 – 5

Предел прочности при разрыве, кг/см2 - 260 – 400

Относительное удлинение при разрыве, % - 200 – 700

Температура плавления, Сº - 160 – 170

Температура стеклования, Сº - -10… - 20

Степень кристалличности, % - - 50 – 75

Морозостойкость, Сº - 10 и ниже

Теплопроводность, кал/сек\*см\*град - - 0,00033

Удельная теплоемкость, кал/г\*град - 0,40 – 0,50

Лучшие практики 3D-печати

Эти советы помогут вам снизить вероятность распространенных проблем 3D-печати, связанных с полипропиленом. Таких как деформация и плохая адгезия к постели.

Выбор правильной поверхности обработки

Найти хорошую строительную поверхность может быть очень сложно, если вам нужно печатать с полипропиленом. Низкая поверхностная энергия PP делает чрезвычайно трудным получение хорошей адгезии к слою даже с нагретыми слоями.

Мы обнаружили, что полипропилен хорошо прилипает только к себе. К счастью, упаковочная лента представляет собой легкодоступную поверхность на основе полипропилена. Поэтому она может быть отличным вариантом.

Толстая полоса упаковочной ленты вместе с нагретым слоем может значительно улучшить успех вашего первого слоя с этим материалом. Некоторые упаковочные ленты плавятся при температуре около 90 ºC. Поэтому важно поддерживать нагретый слой при температуре немного ниже, чем температура плавления ленты.

Используйте плоты для защиты базового слоя

Полипропиленовые отпечатки могут иногда слишком хорошо приклеиваться к упаковочной ленте на поверхности вашей кровати. Что затрудняет отделение ленты от готовой детали после завершения печати.

Это происходит потому, что высокая температура нагретого слоя позволяет ленте и детали слегка сплавляться. Чтобы избежать этого, подумайте об использовании плота для ваших отпечатков.

Плот будет действовать как интерфейс между горячей поверхностью сборки и нижней частью вашей детали. После завершения печати плот можно выбросить. Поэтому, даже если он частично расплавится на ленте, это не повлияет на конечную часть.

Использование обогреваемой камеры или корпуса

Хорошей поверхности сборки может быть недостаточно для предотвращения проблем с печатью PP. Поскольку мы знаем, что полипропилен может довольно сильно деформироваться, это помогает создать оболочку, удерживающую тепло вокруг отпечатка.

Использование принтера с камерой с подогревом поможет устранить деформацию. Температуры 45-60° C для отапливаемой камеры обычно работают хорошо.

Наличие стандартного кожуха также может значительно контролировать деформацию при использовании с нагретым слоем. Так как слой поможет нагреть воздух вокруг детали, которая содержится в кожухе.

Однако будьте осторожны. Контролируйте температуру нагретого слоя, чтобы не повредить упаковочную ленту, как указано выше.

Фото напечатанных изделий из полипропилена

Титан — материал для 3D печати, объединяющий в себе прекрасные физические качества и привлекательный внешний вид. Модели, изготовленные из титана, печатаются на 3D принтерах из порошка, который спекается при помощи лазера. Готовые объекты немного отличаются от привычных изделий из титана — в них нет характерного блеска, они имеют матовую и немного шероховатую поверхность.

Использование

Внешний вид при этом никак не влияет на физические свойства — модели из титана, напечатанные на 3D принтере обладают высокой прочностью и могут использоваться в качестве конечных продуктов потребления. Из этого материала изготавливают функциональные запчасти для различного оборудования и наручных часов, а также ювелирные украшения.

Титан гипоаллергенен и безопасен поэтому может беспрепятственно использоваться для печати аксессуаров, контактирующих с кожей.

Технология

Благодаря своей низкой плотности и высокой устойчивости к механическим и температурным воздействиям титан стал одним из оптимальных материалов для печати изделий в разных сферах промышленности.

Уже сейчас печать титаном на 3D-принтере позволяет печатать конструкции для аэрокосмической, автомобильной, военной, ювелирной и множества других важных отраслей. То есть, даже там, где важна особенно высокая точность в производстве.

3D-печать титаном по классической технологии происходит следующим образом:

1. Металл в форме порошка обрабатывается методом электронно-лучевой плавки. Эта технология позволяет создавать тончайший слой – менее 0.2 мм.

2. Плавка происходит в специальной камере посредством направленного воздействия электронных излучателей.

3. В камере формируются последовательные слои до того момента, пока не будут достигнуты нужные размеры и форма изделия.

В некоторых случаях изделия из титана проходят фрезерную обработку, но современные технологии и программное обеспечение позволяют создавать продукцию высокой сложности без необходимости в последующей обработке. Это сокращает сроки производства и делает его более рентабельным в силу отсутствия добавочных технологий.

Печать титаном на 3D-принтере предусматривает применение технологии аддитивного производства – прямое лазерное спекание. Кратко его можно разделить на два этапа:

1. Тонкий слой порошка титана подается на нагревательный стол.

2. Углекислый лазер спекает порошковые титановые частицы друг с другом и с предыдущим слоем.

Варианты пост-обработки

Единственным способом обработки изделий из титана является полировка. Изначально поверхность готовых объектов матовая, темно серая. Вручную ее можно до яркого и привлекательного блеска.

Советы и рекомендации

При печати этим металлом обязательно учитываются параметры этого металла и требования к изделиям на его основе:

Стенки изделия должны быть не тоньше 0.4 мм.

* Размер мелких деталей – до 0.25 мм.
* Точность печати – около 0.2%.
* Предел прочности при растяжении – 1140 МПа.
* Твердость по Роквеллу – около 37 HRC.
* Плотность – 4.41 грамма на см3.
* Температура плавления – 1660 градусов по Цельсию.

Прямые углы, заостренные плоскости и прямые линии не всегда выглядят идеально при печати титаном. Особенность этого материала такова, что плавные формы и закругленные детали всегда выглядят лучше. Поэтому рекомендуется создавать объекты с углами 35° и более.

Технология DMLS подразумевает наличие поддержки для печатаемой модели. Чтобы создать качественное изделие, оно должно быть закреплено на основании, а все выступающие элементы конструкции нуждаются в поддержке. После печати поддержка удаляется.

Определенные нюансы следует учитывать при печати отъемных букв и при воспроизведении углубленных букв методом гравировки. В первом случае минимальная толщина может составлять 0,4 мм при высоте буквы от 0,4 мм и более. Толщину углубленных букв рекомендуется делать не менее 0,4 мм, глубину — 0,15 мм.

Фото напечатанных изделий из титана

Фотополимер или светополимер — это особый материал, который меняет свои свойства под воздействием света. При этом чаще всего источником света служит именно ультрафиолет (природным источником ультрафиолетовых лучей, как мы все знаем ещё со школьной скамьи, является солнце и солнечный свет). В качестве модельного материала для фотополимерной 3D печати используются специальные фотополимеры — светочувствительные смолы.

Фотополимеризация — процесс изменения свойств материала под воздействием света (ультрафиолета).

Сфера применения фотополимерной печати. Применяется такая технология в разных сферах производства. Например, стоматологическое протезирование применяют технологию фотополимеризации. Также широко используется в типографии и 3d-печати, медицине, ювелирном производстве, машиностроении, медицине, автомобильная промышленность, печать сувениров и игрушек.

В сравнении с другими видами 3D-печати фотополимерная печать обладает рядом преимуществ, из которых наиболее существенными являются следующие:

1. Возможность изготавливать геометрически сложные объекты с большим количеством мелких деталей.
2. Идеально гладкие поверхности напечатанных объектов.
3. Большой выбор материалов для 3D-печати с различными свойствами.
4. Превосходные физико-механические свойства принтов, обеспечивающие простоту их последующей обработки – склеивания, шлифовки, окрашивания и т.п.

Однако, в течение длительного времени оборудование для фотополимерной печати отличалось высокой ценой и было доступно лишь профессионалам.

Благодаря стремительному прогрессу оптоэлектроники, в последние два-три года стоимость оборудования резко снизилась. Сочетание низкой цены и высокого качества печати обеспечило фотополимерным принтерам широкую популярность, а производители, в первую очередь китайские, наводнили рынок разнообразными моделями – от промышленных до настольных.

Фотополимерные принтеры сильно отличаются от ставших уже привычными FDM-принтеров. А поскольку число их непрерывно растёт, возникла необходимость уделить внимание вопросам, связанным с подготовкой файлов, постпечатной обработкой принтов и обеспечением безопасности.

Виды фотополимерных смол:

Стандартный фотополимер

В эту группу объединяют смолы которые используются для общего применения: доманяя 3D печать, прототипы, игрушки и т.д. Обычно имеют широкую цветовую гамму от прозрачного цвета (возможно отполировать до высокой оптической прозрачности) до всех цветов радуги или возможность добавлять пигменты для подбора нужно цвета. Не подходят для использования в изделиях испытывающих динамические и статические нагрузки.

Инженерный фотополимер с заданными свойствами

В данную группу входят смолы обладающие например повышенной жесткость, гибкостью, эластичностью или стойкостью с высокой температуре в зависимости от того, где будет в дальнейшем использована 3D модель. Широкий спектр инженерный фотополимеров есть у Formlabs — Tought 2000, Tought 1500, Durable, Rigid, Flexible 80A и Fun To Do — Indastrial blend.

Гибкая фотополимерная смола

Гибкая смола — это тип фотополимера для 3D-печати, которая имитирует свойства резины. Она выделяется тем, что создает прочные на разрыв, но гибкие модели. Уровень жесткости и гибкости будет определятся твердость смолы по Шору при отверждении указанной в спецификации. Большинство гибких смол для 3D-печати имеют твердость по Шору около 80A, что можно сравнить например с резиновой подошвой обуви.

В качестве эксперимента вы можете добавить немного гибкой смолы к обычной, чтобы улучшить прочность на разрыв.

Независимо от того, какая технология вашего 3D принтера, обязательно убедитесь, что выбранная вами смола совместима с вашим устройством.

Formlabs Flexible 80A имитирует TPU или TPE с твердостью по Шору 30D. Лучше всего подходит для функциональных предметов, таких как уплотнения и прокладки, вещей по типу ремешок для часов. Если вам нужно что-то еще более гибкое, их смола Elastic 50A дает результаты, сопоставимые с силиконом.

* Длина волны: 405 нм
* Разрешение: 50 — 100 мкм
* Цена: ~ 200 $ за 1 л.
* Цвет: прозрачный
* Твердость по Шору: 80А (эластичная смола 50А)

Жесткая фотополимерная смола

Обычные фотополимерные смолы, используемые для 3D-печати SLA, несколько хрупки, подверженных растрескиванию и трещинам. Её основное применение для создания художественных моделей, прототипов и не нагруженных деталей.

Прочная смола имитирует механические свойства ABS-пластика. Детали, напечатанные из прочной смолы, могут иметь предел прочности на разрыв 55,7 МПа и модуль упругости 2,7 ГПа.

Жесткая смола является идеальным выбором для прочных, функциональных прототипов и сборок, которые должны выдерживать напряжения и деформацию. Это делает его идеальным для носимых устройств, гаджетов и других предметов, которые должны противостоять износу.

Основные различия со стандартной смолой

Жесткая смола

* Идеально подходит для функциональных прототипов и механических деталей
* Обладает устойчивостью к циклическим нагрузкам
* Снять с платформы сборки может быть труднее, чем стандартные отпечатки из смолы
* Не подходит для деталей, требующих тонких стенок (рекомендуемая минимальная толщина стенки 1 мм)
* Относительно хрупкий (имеет низкую деформацию разрушения)
* Для достижения оптимальных механических свойств (максимально возможной прочности и стабильности) требуется дополнительное отверждение. Эта процедура особенно важна для функциональных смол и позволит получить высокоточную твердую деталь

Стандартная смола

* Хрупкий
* Возможно 3D печать с высоким разрешением
* Имеет низкую ударную вязкость
* Обеспечивает гладкую поверхность
* Цвет может влиять на свойства смолы (Серая смола, например, хорошо подходит для мелких деталей, а белая смола хорошо подходит для деталей, требующих очень гладкой поверхности)
* Обычно всегда дешевле, чем любые инженерные смолы

Термостойкая смола

Термостойкие смолы идеально подходят для применений, требующих высокой термостойкости и работающих при высоких температурах.

Эти смолы имеют температуру эксплуатации от 200 до 300 ° C и идеально подходят для изготовления термостойких приспособлений, прототипов пресс-форм, оборудования для потоков горячего воздуха и жидкости, а также инструментов для литья и термоформования.

Плюсы:

* Высокая температура эксплуатации
* Гладкая поверхность

Минусы:

* Хрупкость (низкое удлинение при разрыве)
* Не подходит для деталей с тонкими стенками (рекомендуемая минимальная толщина стенки 1 мм)

Идеально подходит для изготовления прототипов пресс-форм, инструментов для литья и термоформования.

Смола с армирующим наполнителем (жесткая)

Жесткие смолы армируются стеклом или другими керамическими материалами, в результате чего получаются очень жесткие и прочные детали с очень гладкой поверхностью.

Жесткие смолы обладают хорошей термостойкостью (теплового отклонения 0,45 МПа при 88 ° C). Они имеют высокий модуль упругости и более низкую ползучесть (более высокое сопротивление деформации с течением времени) по сравнению с другими смолами SLA, но более хрупкие, чем смолы Tough и Durable.

Жесткая смола также подходит для деталей с тонкими стенками и мелкими деталями (рекомендуемая минимальная толщина стенки составляет 100 мкм).

Плюсы:

* Высокая жесткость
* Подходит для деталей с мелкими деталями
* Умеренная термостойкость

Минусы:

* Хрупкость (низкое удлинение при разрыве)
* Низкая ударная вязкость

Идеально подходит для: пресс-форм и оснастки, приспособлений, коллекторов, приспособлений, корпусов для электрических и автомобильных приложений.

Фотополимер литьевой, воск для литья по выплавляемым моделям

Литейная смола используется для изготовления ювелирных изделий, стоматологических заготовок и других сложных моделей для последующего литья по выплавляемым моделям. Обычно стоит в 1,5 — 2 раза дороже стандартной смолы.

Этот материал позволяет печатать высоко детализованные отпечатки и будет полностью выгорать, не оставляя пепла или золы.

Плюсы:

* Низкая зольность после догорания (менее 0,02%)
* Прекрасные характеристики и высокая детализация

Минусы:

* Низкая ударопрочность и износостойкость
* Требуется постобработка для достижения наилучших результатов

Фотополимер для стоматологов

Для этой смолы самое главное, максимально возможный уровень детализации и отсутствие токсичности для человека. С помощью нее можно изготавливать элайнеры, хирургических шаблонов для точного позиционирования имплантов, коронок, зубных протезов, прототипов зубного ряда. Обычно этот вид фотополимера самый дорогой в линейке производителя. Данная смола должна имееть IIa класс биосовместимости.

Нормы биосовместимости класса I относятся к материалам, которые разрешено использовать для:

* неинвазивные устройства, которые контактируют с неповрежденной кожей
* приспособления для временного использования или краткосрочного использования в полости рта или слухового прохода или в носовых полостях
* многоразовые хирургические инструменты

Нормы биосовместимости класса IIa относятся к материалам, которые разрешено использовать для:

* устройства, которые контактируют с биологическими жидкостями или открытыми ранами
* устройства, используемые для введения или удаления веществ в человеческий организм и из него
* инвазивные краткосрочные устройства, такие как инвазивные хирургические элементы
* долгосрочные имплантируемые устройства, устанавливаемые в полость рта

Подробнее о 3D печати в стоматологии можно почитать в статье

* Время отверждения: 4-6 с.
* Длина волны: 405 нм

Подготовка принтера

При извлечении принта капли смолы часто попадают и на принтер и окружающие поверхности. Чтобы минимизировать возможный ущерб, рекомендуется перед заливкой фотополимерной смолы в кювету установить принтер в какую-нибудь достаточно большую ёмкость с низкими краями. Дешевый обеденный поднос или противень – достаточная страховка на случай, если что-то пойдет не так. Даже если смола выплеснется из кюветы и вытечет из принтера, дальше подставки она не попадёт.

После окончания печати полученную модель необходимо очистить от неотверждённой смолы, которой она покрыта. Для этого вам понадобится растворитель. Лучшим растворителем для фотополимерных смол является изопропиловый спирт. Он низкотоксичен, относительно малолетуч и легко доступен, поскольку, в отличие от этилового спирта, не является объектом государственного регулирования.

Выбор инвентаря

Для очистки принта используйте пластиковую ёмкость (например, какой-нибудь контейнер Tupperware) и сито. Распечатанная модель должна помещаться в сито, а сито – в ёмкость таким образом, чтобы растворитель, налитый в неё, покрывал модель полностью.

Комплект поставки любого фотополимерного принтера содержит пластмассовый шпатель – для снятия принта с платформы. Однако, опыт показывает, что режущие кромки пластмассовых шпателей редко обладают остротой достаточной для того, чтобы снять принт без повреждений. Поэтому лучше использовать металлическим шпатель – обычный строительный шпатель, который можно приобрести в любом магазине стройтоваров.

Очистка принта

После того, как процесс печати закончится и платформа с готовым принтом будет приведена в крайнее верхнее положение, подождите несколько минут, чтобы излишки смолы стекли с принта и платформы. После этого поднимите защитный экран принтера и отсоедините платформу.

Держа платформу с принтом одной рукой, другой рукой, при помощи шпателя, отделите принт от платформы и сбросьте его в сито, расположенное в ёмкости, наполненной растворителем. После этого платформу лучше всего установить обратно в принтер – чтобы ничего не испачкать оставшейся на ней смолой.

В течение двух-трёх минут аккуратно встряхивайте сито, не вынимая его из растворителя. Убедившись, что остатки смолы полностью растворились, выньте принт из сита. Очищенный принт полностью готов к заключительной операции – ультрафиолетовому отверждению.

Отверждение принта

Для отверждение изделий из фотополимерных смол используются ультрафиолетовые камеры. Достаточно поместить принт в камеру и подвергнуть его облучению в течение 3-5 минут.

В Интернете можно встретить совет использовать для отверждения принтов солнечный свет. Однако, это возможно лишь там, где УФ-индекс достаточно высок – в экваториальной и субэкваториальной зонах. Кроме того, под действием солнечных лучей не успевший затвердеть материал принта сильно разогревается, что может привести к его деформации.Для умеренных широт характерны низкие показатели УФ-индекса, поэтому в России альтернативы УФ-камере нет.

Фото напечатанных изделий из фотополимеров

Поливиниловый спирт или «PVA-пластик» – уникальный расходный материал, существенно расширяющий возможности 3D-печати при использовании принтеров с двойным экструдером. PVA растворим в воде, что делает его совершенно непригодным для создания долговечных изделий, но позволяет использовать в качестве опорного материала при печати моделей сложной геометрической формы.

PVA-пластик поставляется в виде стандартных катушек с нитью диаметром 1,75мм или 3мм. Рекомендуемая температура экструзии составляет 160-175°С. Превышение указанной температуры может привести к пиролизу.

PVA вырабатывается из различного сырья, включая этиленовый газ (выделяемый при созревании некоторых фруктов и овощей), этиловый спирт (тот самый, питьевой) и нефтепродукты, но в любом случае в готовом виде нетоксичен и не представляет опасности для здоровья.

Будучи водорастворимым, материал гигроскопичен (легко впитывает влагу), что следует учитывать при печати. Рекомендуется просушка материала перед печатью во избежание деформаций или выделения пара.

Основные характеристики

Материал отличается следующими основными свойствами:

• абсолютная нетоксичность;

• биоразлагаемость;

• высокая степень мягкости;

• способность растворяться в воде при комнатной температуре, в растворах уксуса и других органических кислот;

• бесцветность;

• полное отсутствие аромата;

• температура экструзии составляет от 160 до 175оС;

• при 220оС и более пластик разлагается и полностью теряет свои свойства, а также может вывести из строя печатную головку FDM принтера.

Области применения пластика PVA

Нить ПВА используется в основном для создания опорных и поддерживающих структур при печати PLA и ABS пластиком на принтерах, оснащенных 2-мя экструдерами. Филамент выпускается в удобных катушках различного размера диаметром 1,75 или 3 мм, что гарантирует возможность его использования при печати объектов любой сложности.

Основная область использования материала – аддитивное производство составных и крепежных деталей (винтовых элементов, шестеренок, шарниров со сложной геометрией). Ему отдают предпочтение специалисты в области реверсивного и промышленного инжиниринга, дизайнеры, конструкторы, архитекторы.

Экологичность и безопасность этой разновидности пластика позволяет применять ее также в процессе обучения основам 3D моделирования в школах, технических и инженерных вузах.

Фото напечатанных изделий из PVA

Как следует из названия, термопластичные эластомеры (TPE) - это, в основном, пластмассы со свойствами резины, что делает их чрезвычайно гибкими и долговечными. Таким образом, TPE обычно используется в автомобильных деталях, бытовых приборах и медицинских расходных материалах.

На самом деле, TPE - это широкий класс сополимеров (и полимерных смесей), но тем не менее она используется для маркировки многих коммерчески доступных типов нитей для 3D-принтеров. Мягкие и растяжимые, эти нити могут выдержать нагрузку, которую не могут выдержать ни ABS, ни PLA. С другой стороны, печать на TPE не всегда проста, так как TPE трудно выдавливать.

Термопластичный полиуретан (TPU) представляет собой особую разновидность TPE и сам по себе является популярной нитью для 3D-принтеров. По сравнению с обычной TPE, TPU более жесткая нить, что облегчает печать. Она также более долговечна и лучше сохраняет свою эластичность на морозе.

Термопластичный сополиэфир (TPC) - это еще одна разновидность TPE, хотя и не так широко используемая, как TPU. Основным преимуществом TPC является ее более высокая стойкость к химическому и ультрафиолетовому воздействию, а также к нагреву (до 150 °C).

Свойства нити для 3d принтера: TPE, TPU, TPC

• Сила: средняя | Гибкость: очень высокая | Долговечность: очень высокая

• Сложность использования: средняя (TPE, TPC); низкая (TPU)

• Температура печати: 210 °C - 230 °C

• Температура печатного слоя: 30 °C - 60 °C (но не обязательно)

• Деформация: минимальная

• Растворимость: нет

• Пищевая безопасность: не безопасна

Поскольку термины TPE и TPU часто путают, стоит внести ясность.

• TPE известен как мягкий материал и доступен уже несколько лет. С другой стороны, TPU появился на рынке совсем недавно, поэтому он новичок на рынке.

• TPE - это неспецифический термин для гибкого материала, тогда как материал TPU относится к более жесткому, но все еще гибкому материалу.

Печать TPE пластиками может вызывать проблемы из-за эластичности. Рекомендуется печатать со следующими настройками:

• Температура экструдера: 210 ºC - 260 ºC

• Температура стола: без подогрева - 110 ºC

• Скорость 3D печати: 5-30 мм/с

• Если 3D печать идет слишком быстро, это может привести к застреванию. TPE лучше работает с экструдером с прямым приводом, поэтому будьте особенно осторожны, если у вас экструдер типа Bowden.

Фото напечатанных изделий из TPE

Органический полимер полиэфирэфиркетон (PEEK) – инженерный термопласт из семейства полиарилэфиркетонов (PAEK), обладающий превосходной механической и химической стойкостью, сохраняющихся при высоких температурах. Впервые был представлен компанией Victrex PLC, затем Imperial Chemical Industries (ICI) в начале 1980-х годов. Первоначально полимер планировалось использовать как устойчивый к высоким температурам и прочный изоляционный материал для кабелей, однако сочетание простоты обработки и стабильности механических свойств при высоких температурах сделало PEEK универсальным формовочным и экструзионным материалом. Технологичность привела к появлению широкого спектра композитных материалов на базе PEEK с наполнителями из стекла, углеродного волокна и других веществ.

Главные достоинства PEEK – прекрасные механические свойства, устойчивость к высоким температурам, био-инертность, устойчивость к агрессивным химическим соединениям. PEEK продемонстрировал свою высокую конкурентоспособность по сравнению с такими металлическими материалами, как титан, сталь и алюминиевые сплавы. Например, в системах зубчатых передач с термомеханической нагрузкой использование шестерен из PEEK снижает износ деталей редуктора, позволяет работать со значительно меньшим количеством смазки, по сравнению с металлическими зубчатыми колесами, и увеличенным интервалом между техобслуживаниями.

К недостаткам можно отнести высокую, по сравнению с другими пластиками, стоимость, особые требования к принтерам — высокие температуры экструдера и платформы печати, необходимость печати в закрытой камере.

PEEK разрушается под действием хлора, натрия, бромидов, галогенов, концентрированной серной и азотной кислот, а также кетеонов и нитробензола, что ограничивает его использование в определенных областях промышленности.

Кроме того, PEEK имеет низкую стойкость к УФ-излучению. Это можно обойти, покрывая готовые изделия слоем поглощающего или отражающего ультрафиолет материала (лакокрасочные и другие покрытия). Марки с карбоновым наполнением имеют лучшую устойчивость к ультрафиолетовому излучению и могут использоваться в областях, где требуется повышенная устойчивость к ультрафиолету.

PEEK – термопласт, то есть материал, который может неоднократно подвергаться плавлению и отвердеванию без потери свойств. Условия отверждения PEEK влияют на механические свойства изделия.

К основным характеристикам пластика PEEK относятся:

• Плотность 1320 кг/м³;

• Прочность и гибкость;

• Долговечность в обычных условиях;

• Температура плавления 343 °C;

• Температура стеклования 143-260 °C;

• Модуль продольной упругости (модуль Юнга) 3,6 ГПа;

• Предел прочности при растяжении 90-100 МПа;

• Рейтинг воспламеняемости по NFPA V0 (не воспламеняется, не горит, не поддерживает горение);

• Устойчив к большинству растворителей, нефтепродуктам и маслам, воде, биоразложению;

• Слабо растворим в концентрированной серной кислоте при комнатной температуре;

• Стойкость к температуре до 250 °C.

Ограничения PEEK

К сожалению, у PEEK есть некоторые ограничения. Как и все материалы, существующие в области аддитивного производства.

Во-первых, его нужно обрабатывать при очень высоких температурах. Температура плавления PEEK составляет 343° C (649,4° F).

Когда дело доходит до химической стойкости, PEEK трудно сопротивляться хлору/бромиду, концентрированной сере и азотной кислоте, а также кетеонам и нитробензолу. PEEK также подвергается атаке галогенов и натрия. Что ограничивает его использование в определенных областях промышленности.

Кроме того, PEEK имеет низкую стойкость к УФ-излучению. Это можно обойти, добавив слой пигмента, состоящий из специальных частиц сажи. Марки с углеродным наполнением обеспечивают улучшенную устойчивость к УФ-излучению. И могут использоваться в определенных областях, где требуется повышенная стойкость к УФ-излучению.

В целом, технические преимущества и возможности намного перевешивают ограничения материала. Открывая широкую область применения. В которой объекты и детали на основе PEEK могут использоваться или даже заменять обычные материалы, такие как металл или алюминий.

Особенности 3D-печати пластиком PEEK

Для 3D-печати PEEK необходимо наличие в принтере платформы с подогревом минимум до 100 °C и закрытой нагреваемой камеры. Кроме того, этот материал чувствителен к колебаниям температуры во время печати, поэтому необходимо обеспечить постоянную температуру в помещении, где установлено устройство.

Хотя филаменты на базе пластика PEEK не гигроскопичны, атмосферная влага может накапливаться между витками пластика, поэтому их необходимо хранить в герметично закрытой упаковке, а перед использованием рекомендуется просушить в специальных устройствах — сушилках для филамента, таких как Wanhao Box 2.

Параметры печати

Температура экструдера (цельнометаллического): 370-450 °С;

Скорость печати: 10-50 мм/с для слоя толщиной 0,2 мм;

Температура платформы: 100-120 °C;

Температура камеры печати: 70-150 °C;

Охлаждение: отключить;

Покрытие платформы печати: рекомендуется — каптоновая лента.

Приведенные настройки достаточно условны и сильно зависят от производителя принтера, окружающих условий, марки филамента и его состояния, поэтому лучший способ подобрать настройки — проведение тестовой печати.

Фото напечатанных изделий из PEEK

Пластик FLEX — это распространенная категория эластичных филаментов, химическое название которых — термопластичный полиуретан (TPU). Поскольку TPU принадлежит к категории термопластичных эластомеров (TPE), иногда в литературе случаются ошибки в терминологии.

Термопластичный полиуретан был разработан компанией Lubrizol Engineered Polymers в 1959 году. Ключевое свойство соединения, которое определило физические свойства материала, — чередование сополимеров с жесткой и эластичной структурой. Жесткие части формулы — изоцианаты, эластичные — полиолы. Комбинируя сочетания полимеров, можно получить TPU, который будет упругим, как резина, или жестким, как обычный пластик. В 3D-печати применяют эластичные FLEX-филаменты.

Достоинства:

Устойчивость к высоким температурам;

Высокая прочность на разрыв при скручивании, растяжении, сжатии;

Возможность окрашивания филамента и покраски по готовому изделию;

Низкая стоимость;

Возможность вторичной переработки.

Недостатки:

Гигроскопичный материал;

Сложный процесс печати;

Не рекомендуется для использования с Боуден-экструдерами;

Не пригоден для хранения пищевых продуктов.

Изделия из FLEX-пластика можно стерилизовать, сваривать, механически обрабатывать, окрашивать, печатать, разрезать. Материал устойчив к высоким температурам, а при комнатной температуре обладает хорошей устойчивостью к едким средам. В ароматических углеводородах, например, бензоле и толуоле, TPU разрушается при комнатной температуре. Изделия из TPU растворяются в ацетоне, метилэтилкетоне и циклогексаноне, метилпирролидине и тетрагидрофуране. К смазочным жирам и моторным маслам изделия из TPU устойчивы даже при высоких температурах.

В одном эксперименте шесть идентичных по форме деталей, напечатанных из различных филаментов, были частично погружены в сильный растворитель Nitro-P. Изделие из TPU впитало жидкость, что привело к увеличению объема на 50%. Однако после испарения растворителя модель приняла изначальный объем, причем без утраты физических свойств.

FLEX-пластик — светлый упругий материал, который выдерживает высокие, по сравнению с ABS-пластиком, нагрузки при кручении и растяжении. Основные характеристики полимера:

Плотность: 1,18-1,25 г/см³;

Прочность и гибкость;

Устойчив к разбавленным кислотам и растворам щелочей при комнатной температуре;

Температура плавления: 200—225 °C;

Температура стеклования: -10 — -50 °C;

Стойкость к нагреву до 125 °C (до 140 °C у некоторых марок).

Настройки печати пластиком Flex

Осуществляя печать гибким пластиком в обычном FDM-принтере необходимо знать, как устроен экструдер. А вернее понимать, что в нём валики пошагово проталкивают нить пластика в зону расплавления. Именно на данном этапе могут возникнуть сложности, так как физика материала и самого процесса будет меняться. При этом необходимо принимать во внимание следующие правила:

нельзя оказывать давление на нить сверху – это бессмысленно, так как пластик просто согнется внутри;

скорость печати должна быть максимально низкой;

между термобарьером и колесом экструдера должно отсутствовать даже минимальное свободное пространство, в противном случае в него просто будет забиваться нить.

Если при пробной печати пластик застревает, то необходимо любым способом установить охлаждение верхней части хотэнда. Это позволит пластик держать в нужной форме до сопла. Если же этого не делать, то он будет плавиться раньше времени, застревать, создавать дополнительное давление, а в итоге выходить наружу большими нерегулируемыми кусками. Сделать охлаждение можно при помощи радиатора, термопасты и даже банального вентилятора.

Оптимальные настройки печати подбираются индивидуально, в зависимости от торговой марки материала и рекомендаций производителя 3Д-принтера. Общие усредненные параметры будут следующие:

Температура плавления - 235-240 градусов по Цельсию

Толщина слоя - на 20% меньше диаметра сопла

Температура подогрева стола - 110 градусов по Цельсию

Коэффициент подачи пластика - 1,03

Скорость печати - 10-20 мм/с (минимальная)

Устанавливать обдув изделия нет необходимости. Для адгезии на рабочей поверхности используется специальный лак или каптон.

Фото напечатанных изделий из FLEX

Поликарбонат – это чрезвычайно прочный, легкий и прозрачный термопластик. Он используется для производства различных продуктов, таких как компакт-диски, пуленепробиваемые стекла, снаряжение, стекла для солнцезащитных очков, подводные маски, экраны для электронных дисплеев, чехлы для телефонов и компьютеров и многое другое. Материал нашел свое применение в самых разных отраслях.

У материала очень высокая ударная вязкость, намного большая, чем у стекла. Она в десятки раз выше, чем у акрила. В то же время, плотность поликарбоната меньше половины плотности стекла. То есть, при в два раза меньшем весе аналогичная деталь из PC намного более ударопрочна и обладает аналогичной (и даже большей, по сравнению со многими сортами стекла) прозрачностью.

Его слабости, по сравнению со стеклом, имеют те же причины, что и его преимущества — т.к. он менее жесткий и хрупкий (более вязкий и мягкий), он легче царапается, а из-за повышенной прозрачности — не задерживает ультрафиолет. Обе проблемы решаются нанесением специальных покрытий, и в сфере всевозможных визиров для шлемов, защитных и производственных очков и гогглов, и даже обычных оптических очков он давно победил стекло.

Главные преимущества

Ударопрочный термопластик;

Сохраняет упругость при комнатной температуре;

Легко обрабатывается;

Прозрачный, с отличным светопропусканием.

PC имеет характеристики:

— термостойкость до 135 ° C (для справки, PLA может начать деформироваться при температуре около 60 ° C)

— очень прочный

— ударопрочный

— умеренно гибкий

— прозрачный

— электрически непроводим

Технология печати поликарбонатом

Материал имеет удельный вес 1,18 г / см³. Эта плотность делает его сопоставимым с PMMA и PLA, где-то на одну пятую плотнее чем ABS.

Он имеет твердость по Роквеллу R 121, что делает его более твердым, чем PMMA, ABS и PLA.

Материал имеет максимальную прочность на разрыв 11,200 фунтов на квадратный дюйм (77,22 М / год), что сопоставимо с PMMA.

Материал имеет предел прочности при растяжении около 100%. Сравните это с PMMA (1,8% - 7,2%), PLA (1% - 12%) и ABS (4,6% - 27%).

Качественный и правильно обработанный PC способен долго сохранять свою структуру под прямыми солнечными лучами.

Тонкости печати

Помимо того, что необходимы высокие температуры, поликарбонат плохо прилипает к другим материалам. Лучшая поверхность платформы при печати поликарбонатом, с точки зрения адгезии к платфоме — это поликарбонат, но тогда могут быть проблемы со снятием модели после печати. На других поверхностях, например на боросиликатном стекле, может понадобиться нанесение сторонних адгезивов, без которых нижний слой модели может отлипать, что послужит причиной деформации.

Для печати PC вам понадобится принтер с технологией FDM, подогреваемой платформой и, по возможности, термостатической, или хотя бы просто закрытой камерой.

Если говорить о конкретных брендах, стоит обратить внимание на Ultimaker 3, Raise3D N2 и Lulzbot TAZ 6. Lulzbot TAZ 6 выделяется из-за способности поддерживать постоянную температуру платформы на отметке в 135 °C. Поликарбонатная нить, как правило, будет хорошо экструдироваться в диапазоне от 290 °C до 310 °C.

Фото напечатанных изделий из поликарбоната

ABS-PC - композиция поликарбоната и пластика АБС. Конструкционный пластик, пригодный для переработки как литьем под давлением, так и экструзией.

Обладает стабильностью размеров, свойственных ПК, а также некоторыми свойствами АБС, такими как:

хорошая перерабатываемость;

высокая ударная прочность при низких температурах;

возможность металлизации;

жесткость;

превосходные механические и электрические свойства.

Теплостойкость материала занимает промежуточное положение между показателями теплостойкости АБС и ПК.

Среди модификаций ABS-PC есть типы огнестойкие и типы, усиленные стекловолокном, а также марки для изготовления структурных пен.

Материал ABS-PC имеет ряд собственных преимуществ:

атмосферостойкость;

трудногорючесть;

высокая стойкость к пожелтению при термической нагрузке и под воздействием ультрафиолетового излучения.

Такой набор свойств позволяет использовать ABS-PC в автомобильной промышленности (детали внутренней отделки салона и наружные видовые детали автомобилей), а также в производстве электрических и электронных приборов.

Настоящий бум сейчас переживает производство тонкостенных корпусов электронной, телефонной техники, а также фототехники (миникомпьютеры, сотовые телефоны, фотоаппараты). И композиция ПК/АБС оптимально подходит для изготовления таких корпусов.

Характеристики

Плотность (23 оС), г/см3 - 1.10 - 1.25

Предел текучести при растяжении (23 оС), МПа - 40 - 65

Прочность при растяжении (23 оС), МПа - 40 - 60

Модуль упругости при растяжении (23 оС), МПа - 1700 - 2850

Относительное удлинение при растяжении (23 оС), % - 17 - 200

Разрушающее напряжение при изгибе (23 оС), МПа - ь65 - 96

Модуль упругости при изгибе (23 оС), МПа - 2000 - 2800

Модуль ползучести (23 оС, 1000 ч) - 1500 - 1900

Ударная вязкость по Шарпи (без надреза, 23 оС), кДж/м2 - не разрушается

Ударная вязкость по Шарпи (без надреза, -30 оС), кДж/м2 - не разрушается

Ударная вязкость по Шарпи (с надрезом, 23 оС), кДж/м2 - 10 - 79

Ударная вязкость по Шарпи (с надрезом, -30 оС), кДж/м2 - 14 - 44

Ударная вязкость по Изоду (с надрезом, 23 оС), кДж/м2 - 30 - 70

Твердость при вдавливании шарика (23 оС, 358 Н, 30 с), МПа - 80 - 110

Твердость по Роквеллу (23 оС) - R108 - R120

Коэффициент Пуассона (23 оС) - 0.4

Температура размягчения по Вика ( 10Н), оС - 114 - 145

Температура размягчения по Вика ( 50Н), оС - 84 - 140

Температура изгиба под нагрузкой (0.45 МПа), оС - 82 - 130

Температура изгиба под нагрузкой (1.8 МПа), оС - 72 - 113

Коэфф. лин. термического расширения (23 - 55 оС), 1/ оС - (0.65 - 0.95) х 10-4

Коэффициент теплопроводности (23 оС), Вт/(м.оС) - 0.2

Удельное объемное электрическое сопротивление (23 оС), Ом.см - 1015 - 1016

Удельное поверхностное электрическое сопротивление (23 оС), Ом - 1014 - 1016

Диэлектрическая проницаемость (23 оС, 100 Гц) - 2.0 - 3.1

Диэлектрическая проницаемость (23 оС, 1 МГц) - 2.7 - 3.0

Тангенс угла диэлектрических потерь (23 оС, 100 Гц) - 0.0016 - 0.004

Тангенс угла диэлектрических потерь (23 оС, 1 МГц) - 0.007 - 0.0085

Дугостойкость (23 оС, 3 мм), с - 85 - 121

Контрольный индекс трекингостойкости, В - 175 - 600

Фото напечатанных изделий из ABS-PC