

Расходные материалы для моделирования методом послойного наплавления (FDM/FFF)

Технология FFF имеет массу преимуществ, среди которых относительная простота конструкции принтеров и ценовая доступность как устройств, так и расходных материалов. Причем, ассортимент материалов является, пожалуй, самым широким среди всех доступных технологий. Как правило, для печати используются термопластики, но есть и исключения – композитные материалы, содержащие различные добавки, но основанные, опять-таки, на термопластиках. В этом разделе мы постараемся рассказать о наиболее широко применяемых материалах поподробнее, начиная с наиболее популярных видов.

Полилактид (PLA, ПЛА)

Полилактид – один из наиболее широко используемых термопластиков, что обуславливается сразу несколькими факторами. Начнем с того, что PLA известен своей экологичностью. Этот материал является полимером молочной кислоты, что делает PLA полностью биоразлагаемым материалом. Сырьем для производства полилактида служат кукуруза и сахарный тростник. В то же время, экологичность полилактида обуславливает его недолговечность. Пластик легко впитывает воду и относительно мягок. Как правило, модели из PLA не предназначены для функционального использования, а служат в качестве дизайнерских моделей, сувениров и игрушек. Среди немногих практических промышленных применений можно отметить производство упаковки для пищевых продуктов, контейнеров для лекарственных препаратов и хирургических нитей, а также использование в подшипниках, не несущих высокой механической нагрузки (например, в моделировании), что возможно благодаря отличному коэффициенту скольжения материала.

Одним из наиболее важных факторов для применения в 3D-печати служит низкая температура плавления – всего 170-180°C, что способствует относительно низкому расходу электроэнергии и использованию недорогих сопел из латуни и алюминия. Как правило, экструзия производится при 160-170°C. В то же время, PLA достаточно медленно застывает (температура стеклования составляет порядка 50°C), что следует учитывать при выборе 3D-принтера. Оптимальным вариантом является устройство с корпусом открытого типа, подогреваемой рабочей платформой (во избежание деформаций моделей большого размера) и, желательнo, дополнительными вентиляторами для охлаждения свежих слоев модели.

PLA обладает низкой усадкой, то есть потерей объема при охлаждении, что способствует предотвращению деформаций. Тем не менее, усадка имеет кумулятивный эффект при увеличении габаритов печатаемых моделей. В последнем случае может потребоваться подогрев рабочей платформы для равномерного охлаждения печатаемых объектов.

Стоимость PLA относительно невелика, что добавляет популярности этому материалу.

Акрилонитрилбутадиенстирол (ABS, АБС)

ABS-пластик – пожалуй, самый популярный термопластик из используемых в 3D-печати, но не самый распространенный. Такое противоречие объясняется определенными трудностями технического характера, возникающими при печати ABS. Желание умельцев использовать ABS обуславливается отличными механическими свойствами, долговечностью и низкой стоимостью этого материала. В промышленности ABS-пластик уже получает широкое применение: производство деталей автомобилей, корпусов различных устройств, контейнеров, сувениров, различных бытовых аксессуаров и пр.

ABS-пластик устойчив к влаге, кислотам и маслу, имеет достаточно высокие показатели термоустойчивости – от 90°C до 110°C. К сожалению, некоторые виды материала разрушаются под воздействием прямого солнечного света, что несколько ограничивает применение. В то же время, ABS-пластик легко поддается окраске, что позволяет наносить защитные покрытия на немеханические элементы.

Несмотря на относительно высокую температуру стеклования порядка 100°C, ABS-пластик имеет относительно невысокую температуру плавления. Собственно, ввиду аморфности материала, ABS не имеет точки плавления, как таковой, но приемлемой температурой для экструзии считается 180°C, что на одном уровне с вышеописанным PLA. Более низкий разброс температур между экструзией и стеклованием способствует более быстрому застыванию ABS-пластика по сравнению с PLA.

Основным минусом ABS-пластика можно считать высокую степень усадки при охлаждении – материал может потерять до 0,8% объема. Этот эффект может привести к значительным деформациям модели, закручиванию первых слоев и растрескиванию. Для борьбы с этими неприятными явлениями используются два основных решения. Во-первых, применяются подогреваемые рабочие платформы, способствующие снижению градиента температур между нижними и верхними слоями модели. Во-вторых, 3D-принтеры для печати ABS-пластиком зачастую используют закрытые корпуса и регулировку фоновой температуры рабочей камеры. Это позволяет поддерживать температуру нанесенных слоев на отметке чуть ниже порога стеклования, снижая степень усадки. Полное охлаждение производится после получения готовой модели.

Относительно низкая «липучесть» ABS-пластика может потребовать дополнительных средств для схватывания с рабочей поверхностью, таких как клейкая лента, полиимидная пленка или нанесение раствора ABS-пластика в ацетоне на платформу непосредственно перед печатью. Подробнее о методах предотвращения деформаций читайте в разделе Как избежать деформации моделей при 3D-печати.

В то время как при комнатной температуре ABS не представляет угрозы здоровью, при нагревании пластика выделяются пары акрилонитрила – ядовитого соединения, способного вызвать раздражение слизистых оболочек и отравление. Хотя объемы производимого акрилонитрата при маломасштабной печати незначительны, рекомендуется печатать в хорошо проветриваемых помещениях или предусмотреть вытяжку. Не рекомендуется использовать ABS-пластик для производства пищевых контейнеров и посуды (особенно для хранения горячей пищи или алкогольных напитков) или игрушек для маленьких детей.

Хорошая растворимость ABS-пластика в ацетоне весьма полезна, так как позволяет производить большие модели по частям с последующим склеиванием, что значительно расширяет возможности недорогих настольных принтеров.

Поливиниловый спирт (PVA, ПВА)

Поливиниловый спирт – материал с уникальными свойствами и особым применением. Главной особенностью PVA является его водорастворимость. 3D-принтеры, оснащенные двойными экструдерами, имеют возможность печати моделей с опорными структурами из PVA. По завершении печати опоры могут быть растворены в воде, оставляя готовую модель, не требующую механической или химической обработки неровностей. Аналогично, PVA можно применять для создания водорастворимых мастер-моделей для литейных форм и самих литейных форм.

Механические свойства PVA достаточно интересны. При низкой влажности пластик обладает высокой прочностью на разрыв. При повышении влажности уменьшается прочность, но возрастает эластичность. Температура экструзии составляет 160-175°C, что позволяет использовать PVA в принтерах, предназначенных для печати ABS и PLA-пластиками.

Так как материал легко впитывает влагу, рекомендуется хранение PVA пластика в сухой упаковке и, при необходимости, просушка перед использованием. Сушку можно производить в гончарной печи или обыкновенной духовке. Как правило, просушка стандартных катушек занимает 6-8 часов при температуре 60-80°C. Превышение температуры в 220°C приведет к разложению пластика, что следует учитывать при печати.

Нейлон (Nylon)

Нейлон привлекателен своей высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения. Так, нейлон зачастую используется для покрытия трущихся деталей, что повышает их эксплуатационные качества и зачастую позволяет функционировать без смазки. Вслед за широким применением нейлона в промышленности, материалом заинтересовались и в сфере аддитивного производства. Попытки печатать нейлоном предпринимались практически с первых дней технологии FDM/FFF.

В реальности существует несколько видов нейлона, производимых разными методами и имеющих несколько отличающиеся характеристики. Наиболее известным является нейлон-66, созданный американской компанией DuPont в 1935 году. Вторым наиболее популярным вариантом является нейлон-6, разработанный компанией BASF в обход патента DuPont. Эти два варианта очень схожи. С точки зрения 3D-печати основным различием является температура плавления: нейлон-6 плавится при температуре 220°C, а нейлон-66 при 265°C.

Многие любители предпочитают использовать нейлоновые нити, доступные в широкой продаже – такие, как проволока для садовых триммеров. Диаметр таких материалов зачастую соответствует диаметру стандартных FFF материалов, что делает их использование заманчивым. В то же время, подобные продукты, как правило, не являются чистым нейлоном. В случае с прутками для триммеров, материал состоит из нейлона и стеклопластика для оптимального сочетания гибкости и жесткости.

Стеклопластик обладает высокой температурой плавления, в связи с чем печать подобными материалами чревата высоким износом сопла и образованием пробок.

В последнее время предпринимаются попытки коммерческой разработки печатных материалов на основе нейлона специально для FDM/FFF устройств, в том числе Nylon-PA6 и Taulman 680. Указанные марки подлежат экструзии при температуре 230-260°C.

Так как нейлон легко впитывает влагу, расходный материал следует хранить в вакуумной упаковке или, как минимум, в контейнере с водоабсорбирующими материалами.

Признаком чрезмерно влажного материала станет пар, исходящий из сопла во время печати, что не опасно, но может ухудшить качество модели.

Слои нейлона прекрасно схватываются, что минимизирует вероятность расслоения моделей.

Нейлон плохо поддается склеиванию, поэтому печать крупных моделей из составных частей затруднительна. Как вариант, возможна сплавка частей.

Поликарбонат (РС, ПК)

Поликарбонаты привлекательны за счет своей высокой прочности и ударной вязкости, а также устойчивости к высоким и низким температурам.

Стоит отметить потенциальный риск для здоровья при печати: в качестве сырья зачастую используется токсичное и потенциально карциногенное соединение бисфенол А. Остаточный бисфенол А может содержаться в готовых изделиях из поликарбоната и испаряться при нагревании, в связи с чем рекомендуется производить печать в хорошо вентилируемых помещениях.

Температура экструзии зависит от скорости печати во избежание растрескивания, но минимальной температурой на скорости 30мм/сек можно считать 265°C. При печати рекомендуется использование полиимидной пленки для лучшего схватывания с поверхностью рабочего стола. Высокая склонность поликарбоната к деформации требует использования подогреваемой платформы и, при возможности, закрытого корпуса с подогревом рабочей камеры.

Поликарбонат обладает высокой гигроскопичностью (легко поглощает влагу), что требует хранения материала в сухих условиях во избежание образования пузырьков в наносимых слоях. В случае длительной печати во влажном климате может потребоваться хранение даже рабочей катушки во влагозащитном контейнере.

Полипропилен (РР, ПП)

Полипропилен – широко распространенный пластик, применяемый в производстве упаковочных материалов, посуды, шприцов, труб и пр. Материал имеет низкую удельную массу, нетоксичен, обладает хорошей химической стойкостью, устойчив к влаге и износу и достаточно дешев. Среди недостатков полипропилена можно отметить уязвимость к температурам ниже -5°C и к воздействию прямого солнечного света.

Главной трудностью при печати полипропиленом является высокая усадка материала при охлаждении – до 2,4%. Для сравнения, усадка популярного, но уже достаточно проблематичного ABS-пластика достигает 0,8%. Несмотря на то, что полипропилен хорошо прилипает к холодным поверхностям, рекомендуется производить печать на подогреваемой платформе во избежание деформации моделей. Минимальная рекомендуемая температура экструзии составляет 220°C.

Полиэтилентерефталат (PET, ПЭТ)

Полиэтилентерефталат – под этим сложным названием скрывается материал, используемый для производства пластиковых бутылок и другой пищевой и медицинской тары.

Материал имеет высокую химическую устойчивость к кислотам, щелочам и органическим растворителям. Физические свойства ПЭТ также впечатляют высокой износоустойчивостью и терпимостью к широкому диапазону температур – от -40°C до 75°C . Кроме всего прочего, материал легко поддается механической обработке.

Печать с использованием ПЭТ несколько проблематична, ввиду сравнительно высокой температуры плавления, достигающей 260°C и значительной усадки при остывании, составляющей до 2%. Использование ПЭТ в качестве расходного материала требует примерно тех же условий, что и печать ABS-пластиком.

Для достижения прозрачности моделей необходимо быстрое охлаждение при прохождении порога стеклования, составляющего 70°C – 80°C .

Материал стал предметом внимания 3D-умельцев, использующих использованную тару в качестве сырья для бытового производства расходных материалов для 3D-печати. Для изготовления нитей используются такие перерабатывающие устройства, как FilaBot или RecycleBot.

Ударопрочный полистирол (HIPS)

Ударопрочный полистирол широко используется в промышленности для производства различных бытовых изделий, строительных материалов, одноразовой посуды, игрушек, медицинских инструментов и пр.

При 3D-печати полистирол демонстрирует физические свойства, весьма схожие с популярным ABS-пластиком, что делает этот материал все более популярным среди 3D-умельцев. Наиболее же привлекательной особенностью полистирола является отличие от ABS в отношении химических свойств: полистирол достаточно легко поддается органическому растворителю Лимонену. Так как на ABS-пластик Лимонен эффекта не имеет, возможно использование полистирола в качестве материала для построения растворимых поддерживающих структур, что исключительно полезно при построении сложных, переплетенных моделей с внутренними опорами. В сравнении с удобным, водорастворимым поливиниловым спиртом (PVA-пластиком), полистирол выгодно отличается относительно низкой стоимостью и устойчивостью к влажному климату,

затрудняющему работу с PVA.

Древесные имитаторы (LAYWOO-D3, BambooFill)



LAYWOO-D3 – недавняя разработка, предназначенная для печати моделей, напоминающих деревянные изделия. Материал на 40% состоит из натуральных древесных опилок микроскопического размера и на 60% из связующего полимера. LAYWOO-D3 весьма прост в обращении, будучи практически неподверженным деформациям и не требуя использования подогреваемой платформы. Согласно производителям, полимер нетоксичен и полностью безопасен.

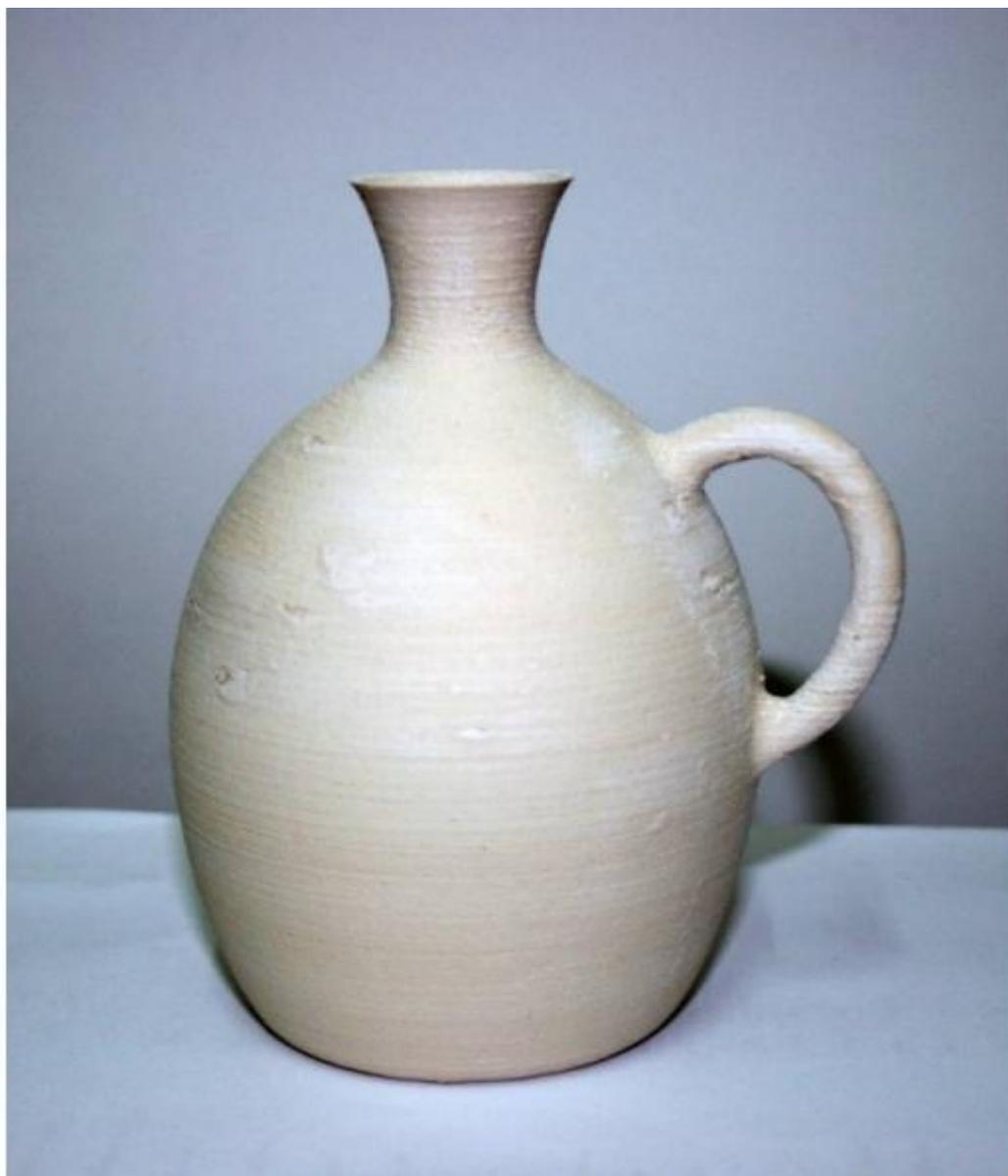
Уникальные свойства материала позволяют добиваться различных визуальных результатов при печати с разными температурами сопла. Диапазон рабочих температур составляет 180°C-250°C. По мере увеличения температуры экструзии, оттенок материала становится прогрессивно более темным, позволяя имитировать разные сорта древесины или годовые кольца.

Готовые модели прекрасно поддаются механической обработке – шлифовке, сверлению и пр. Кроме того, изделия легко окрашиваются, а неокрашенные модели даже имеют характерный древесный запах.

К сожалению, стоимость материала почти в четыре раза превышает цену на такие популярные материалы, как PLA и ABS-пластики. По мере прогнозируемого роста популярности, материал должен стать более доступным.

В настоящее время ведется разработка и тестирование альтернативных материалов, таких как BambooFill от голландской компании ColorFabb.

Имитаторы песчаника (Laybrick)



Композитный материал от изобретателя Кая Парти, ответственного за создание революционного древесного имитатора LAYWOOD-D3. На этот раз Кай нацелился на имитацию песчаника, используя опробованный метод смешивания связующего материала с наполнителем – в данном случае минеральным.

Laybrick позволяет производить объекты с различной текстурой поверхности. При низких температурах экструзии порядка 165°C-190°C готовые изделия имеют гладкую поверхность. Повышение температуры печати делает материал более шершавым, вплоть

до высокой степени сходства с натуральным песчаником при температуре экструзии свыше 210°C.

Материал легок в работе, не требуя подогрева рабочей платформы, не демонстрируя существенных деформаций при усадке и не производя токсичные испарения при нагревании. Единственным недостатком можно считать достаточно высокую стоимость материала, что в немалой степени обуславливается ограниченным производством.

Имитаторы металлов (BronzeFill)



Металлы привлекают сторонников аддитивного производства с ранних дней технологий 3D-печати. К сожалению, печать чистыми металлами и сплавами вызывает массу трудностей, непреодолимых для большинства методов 3D-печати. Полностью функциональные металлические изделия можно произвести только с помощью таких

технологий, как SLS, DLMS или EBM, требующих использования промышленных установок, чья стоимость исчисляется сотнями тысяч долларов. В то же время, имитаторы металлов успешно используются в струйной 3D-печати (3DP), где формирование изделий происходит из металлических порошков, частицы которых скрепляются наносимым связующим материалом. В FDM/FFF печати металлические имитаторы лишь появляются на свет.

Интересным примером служит BronzeFill – фактически, прозрачный PLA-пластик с наполнителем из микрочастиц бронзы. Материал, в настоящее время проходящий бета-тестирование, должен доказать пригодность для использования в любых принтерах, предназначенных для работы с полилактидом.

Готовые изделия легко поддаются полировке, достигая высокого внешнего сходства с цельнометаллическими изделиями. В то же время стоит учитывать, что связующим элементом материала является термопластик, с соответствующими механическими и температурными ограничениями.

www.3dprinting.kiev.ua

email: 3dprinting@ukr.net

Киев, ул Глубочицкая 28, оф. 105

Тел: 044 482 0389

068 210 2223