



РЕЕК ПЛАСТИК

Выполнил:

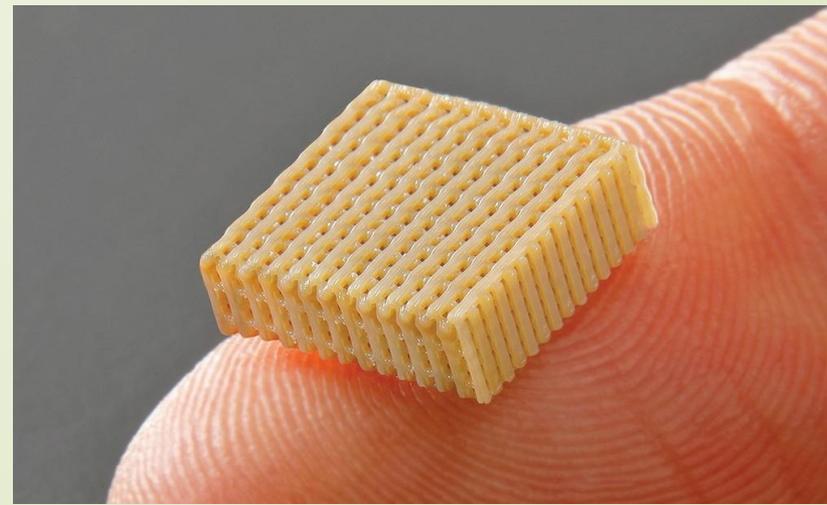
Студент гр. МТП – 192 Кашуба С.

История

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.

Сегодня этот универсальный материал используется для решения сложных инженерных задач, часто заменяя металлы.

«PEEK — это изобретение, которое вдохновляет других на изобретения», — говорит Якоб Сигурдссон, генеральный директор Victrex.

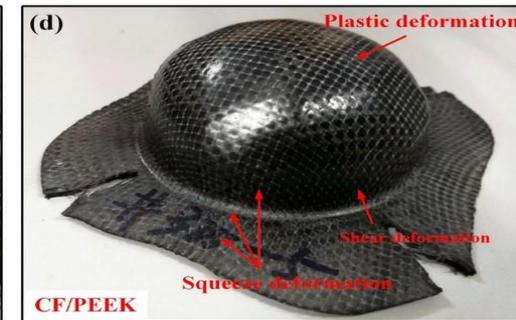
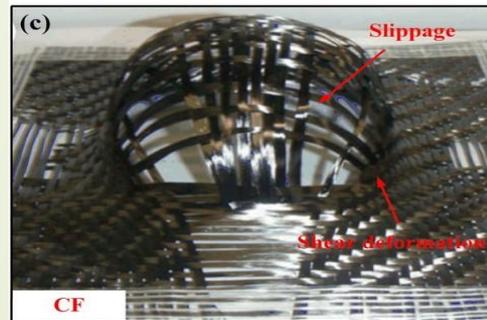
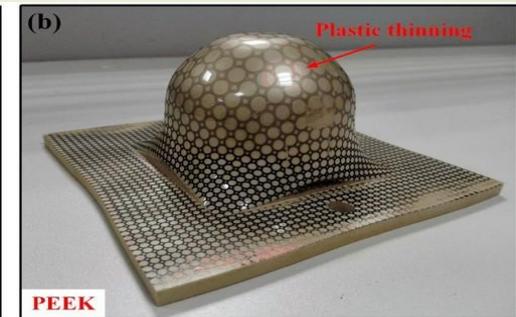
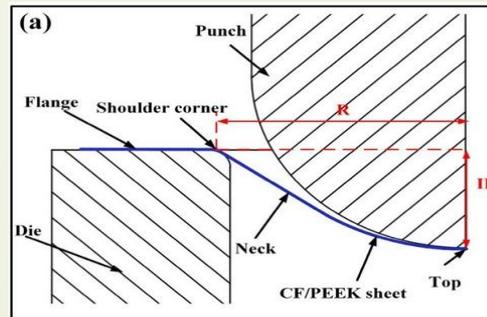


Характеристики

PEEK – термопласт, то есть материал, который может неоднократно подвергаться плавлению и отверждению 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 °С;
- Температура стеклования 143-260 °С;
- 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 °С.



Достоинства и недостатки

Главные достоинства РЕЕК – прекрасные механические свойства, устойчивость к высоким температурам, био-инертность, устойчивость к агрессивным химическим соединениям. РЕЕК 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 РЕЕК 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.

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

Кроме того, РЕЕК 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.



Меры предосторожности при работе

Филаменты на базе PEEK имеют самое низкое выделение каких-либо веществ среди прочих термопластов, при этом большая часть испарений – углекислый газ, считающийся безвредным. Тем не менее, при печати PEEK необходимо соблюдать все те же меры предосторожности, что и при работе с любым другим 3D-печатным материалом: производить печать в хорошо проветриваемом помещении, с соблюдением норм электрической и пожарной безопасности.

Также следует учесть, что температура экструдера составляет около 400 °С. Обязательно используйте при работе защитную маску и перчатки. Не используйте отсыревший филамент, так как это может привести к разбрызгиванию очень горячего пластика из сопла. Не допускайте использования печатающих PEEK 3D-принтеров детьми. Не пытайтесь снять изготовленную деталь до момента полного остывания устройства.



Использование PEEK в 3D-печати

Для чего нельзя использовать термопласт PEEK? На этот вопрос становится все труднее и труднее ответить, поскольку этот прочный промышленный материал все чаще находит свое применение там, где всегда господствовал металл – в аэрокосмической, авиационной, автомобильной и медицинской промышленности. Из современных композитов на базе PEEK создаются даже детали для вакуумных технологий, в которых полимеры никогда не применялись из-за возможной опасности дегазации. PEEK обладает лучшей износостойкостью и устойчивостью к истиранию, чем титан и сталь, многократно стерилизуем, химически инертен и биосовместим.

Как показали испытания, проведенные компанией Indmatec с различными образцами PEEK, напечатанными на 3D-принтере, этот материал имеет очень низкое газовыделение, даже при длительном воздействии высоких температур.

«При обжиге в течение 12 часов, при 150 °C и в условиях вакуума, 3D-печатная деталь из PEEK показывает скорость дегазации $4,1 \times 10^{-11}$ мбар л / см². Это значение находится в диапазоне от сверхвысокого до чрезвычайно высокого вакуума. Детали, изготовленные из PEEK методом 3D-печати, отвечают требованиям к материалам для применения в условиях высокого вакуума», — поясняют специалисты Indmatec.

Все это делает PEEK одним из самых функциональных пластиков, хотя 3D-печать им и сопряжена с некоторыми сложностями.



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.

Сушка филамента

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 °C;

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;

Покрывание 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.

Охлаждение при печати PEEK

При 3D-печати PEEK кулер экструдера необходимо выключить



Обработка пластика PEEK после 3D-печати

Удаление структур поддержки

Несмотря на прекрасные механические характеристики пластика PEEK, в некоторых моделях для устойчивости конструкции приходится использовать опоры из того же материала, или использовать специальный материал поддержки, если 3D-принтер оснащен двойным экструдером. Для печати с PEEK применяются материалы ESM-10, NIPS и им подобные.

Шлифование и полировка

PEEK прекрасно обрабатывается механически и следы слоев можно удалить путем полировки абразивами или специальными пастами. Полностью глянцевой поверхности обрабатываемой детали получить не удастся, но наиболее явные дефекты можно исправить.

Склеивание

Хотя детали из PEEK можно склеивать при помощи любого клея, обладающего хорошей адгезией с PEEK, склейка не рекомендуется, так как сильно ухудшает механические и химические свойства полученного изделия.

Проблемы, возникающие при 3D-печати пластиком PEEK

Плохое прилипание первого слоя

Иногда, из-за недостаточной адгезии, происходит отлипание первых слоев от платформы печати и смещение печатаемой детали. В этом случае рекомендуется увеличить температуру платформы. При разработке модели также желательно увеличить площадь контакта детали с поверхностью платформы, включив в проект рафт — расширенный первый слой.

PEEK лохматится при печати («спагетти», «паутина» или «стрингинг»)

Эффект появляется при слишком высокой температуре экструдера, делающего пластик более текучим и способным под действием силы тяжести вытекать из сопла в местах, где принтер не должен был печатать. Для устранения проблемы необходимо снизить температуру печати и использовать в настройках функцию ретракции — втягивания нити в обратном направлении в те моменты, когда головка перемещается не печатая.

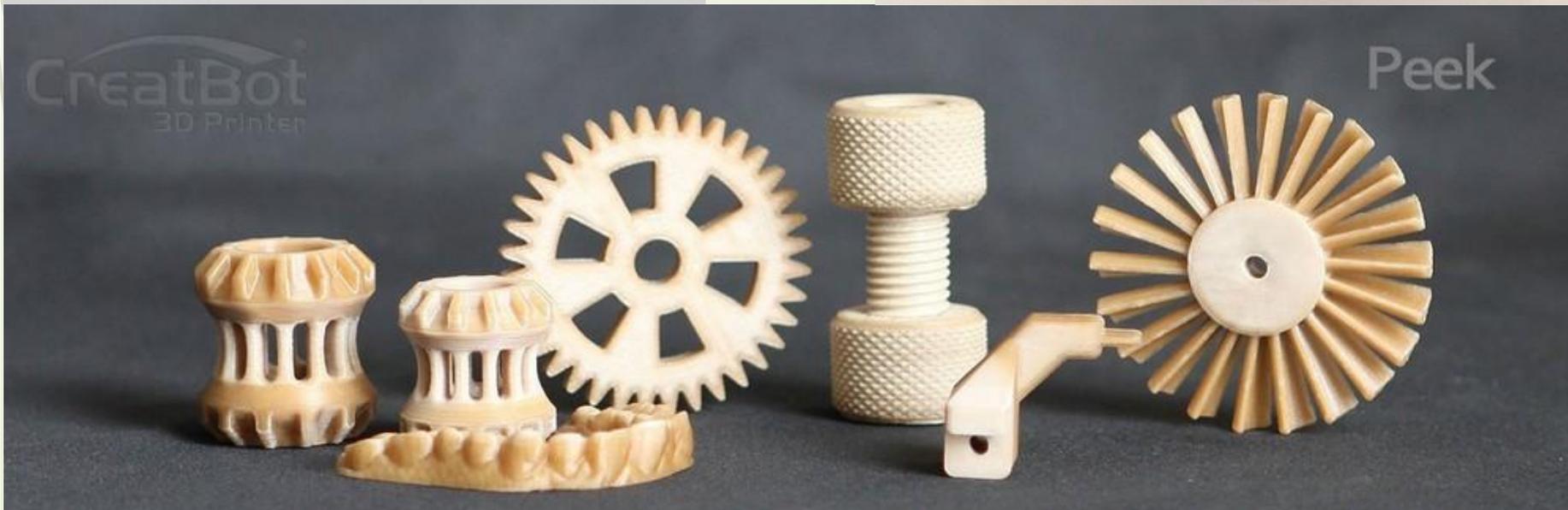
Напечатанные детали имеют коричневый цвет вместо бежевого или пятна коричневого цвета

Такой эффект возникает из-за неправильной кристаллизации материала по причине колебаний температуры в камере печати. Используйте только профессиональные 3D-принтеры, способные эффективно поддерживать постоянную температуру в камере печати.

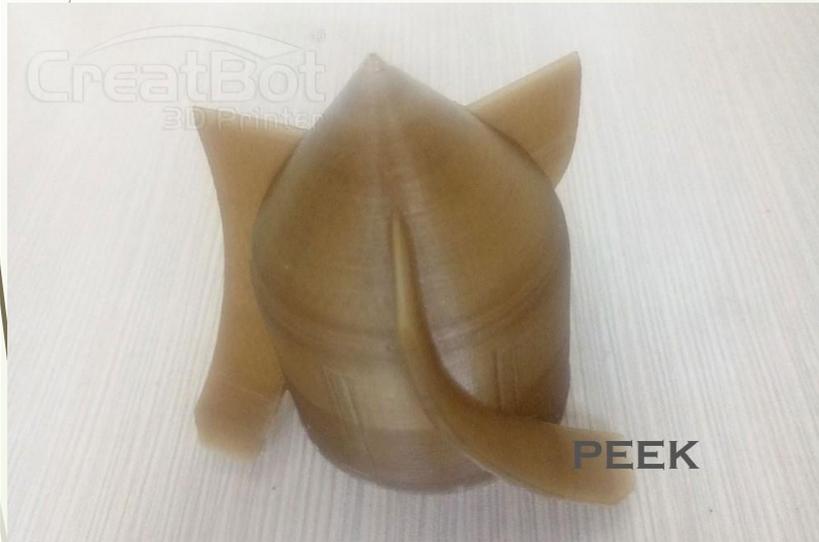
Напечатанные детали имеют черные точки

Следите за чистотой сопла. После завершения процесса 3D-печати удалите из сопла весь оставшийся материал, особенно если принтер используется для печати различными материалами.

Примеры напечатанных изделий



Примеры напечатанных изделий



Примеры напечатанных изделий



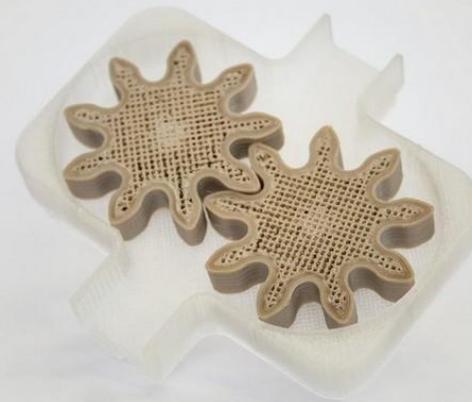
© li



© Indimatec



part design: © bobwomble



© Indimatec

Примеры использования

Прототип смешивающей колонки, принтер Indmatec P 155

Прототип колонки многоканального микширования, напечатанный из PEEK с использованием 3D-принтера Indmatec HPP 155, специально разработанного для печати высокотемпературными полимерными материалами. Изделие было отдельно оснащено металлическими соединительными соплами. Прототип был изготовлен в разрезе, для демонстрации внутренних особенностей.



© Indmatec



© Indmatec

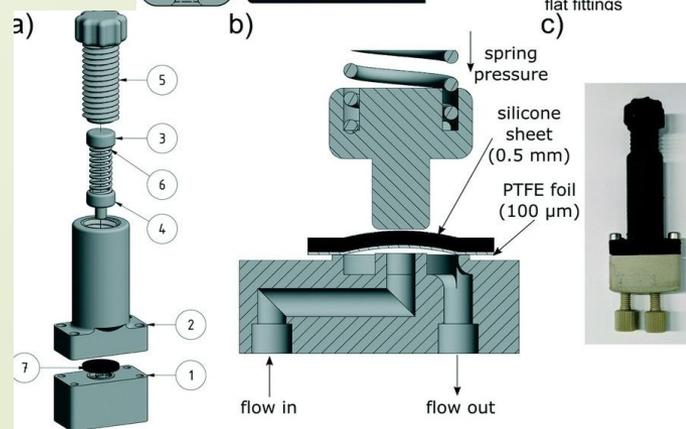
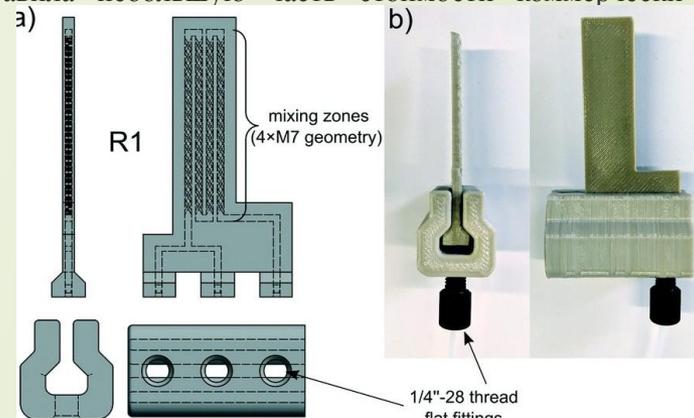
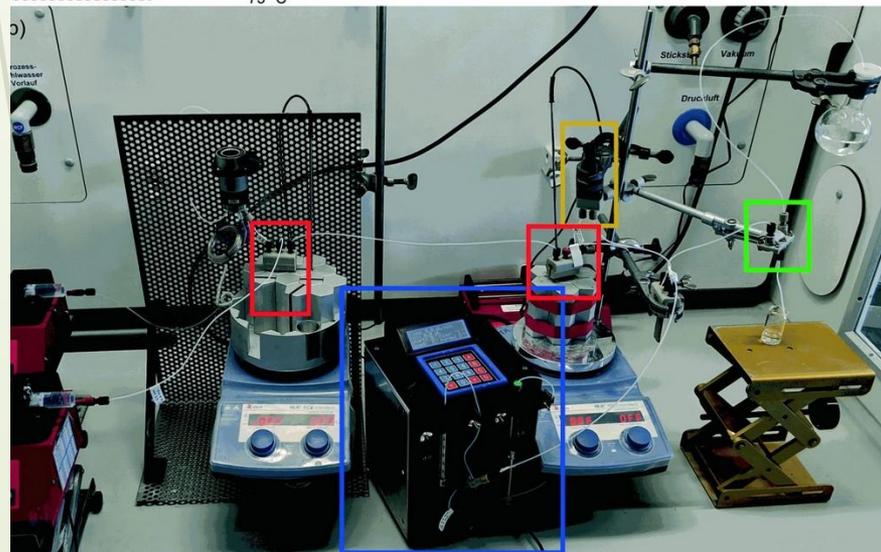
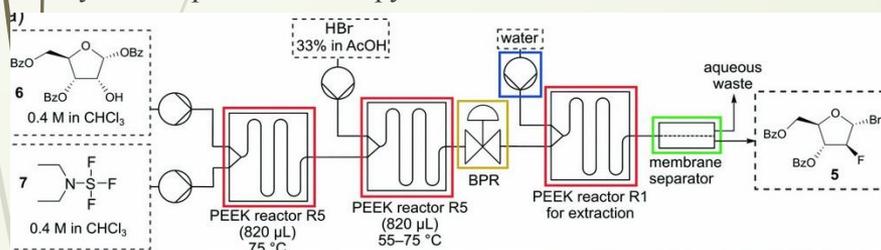
Примеры использования

Химический реактор, напечатанный на 3D-принтере с применением ПEEK

Группа ученых из Института органической химии Тюбингенского университета, Германия, провела исследование возможности 3D-печати высокотемпературными и химически стойкими полимерами милли- и микрофлюидных реакторов. Большинство частей устройства было изготовлено из полиэфирэфиркетона (PEEK) на высокотемпературном 3D-принтере.

Исследовались характеристики смешивания и пригодность напечатанных деталей для проточных реакций при повышенных температурах. На 3D-принтере были напечатаны сепаратор, регулятор противодавления и шприцевой насос непрерывного действия, которые выполняли функции проточной системы.

Были протестированы различные геометрические формы смешивания, напечатанные на 3D-принтере, и оценено влияние смешивания на фторирование производного рибозы. Стоимость 3D-изготовления реактора составила небольшую часть стоимости коммерчески доступного проточного оборудования.

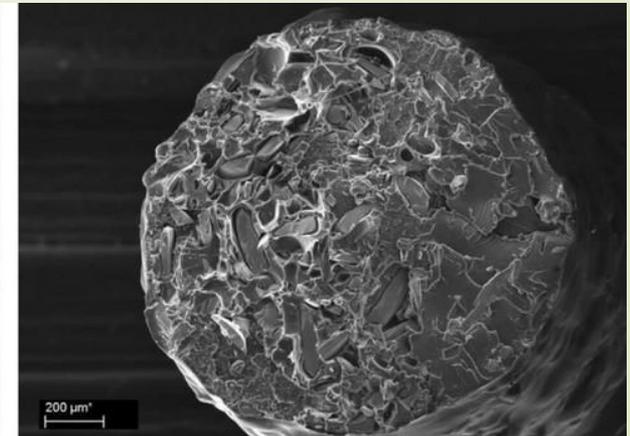
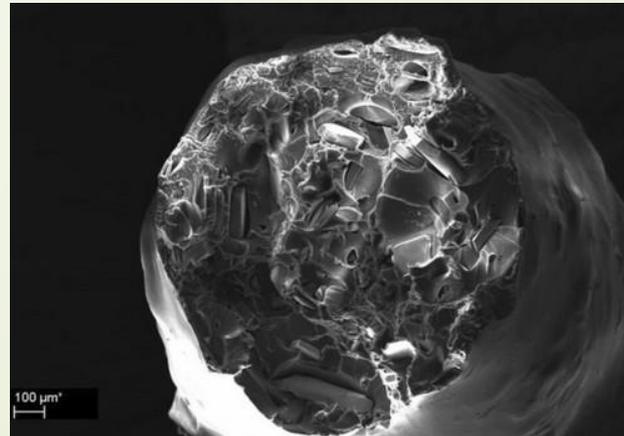


3D-печать деталей из PEEK с наполнителями из редкоземельных магнитных композитных материалов

Группа ученых из Европейского космического агентства, отделение в Нордвейк, Нидерланды, Итальянского межвузовского консорциума по материаловедению и технологиям и Римского университета Тор Вергата исследовали возможность создания не подверженных коррозии композитных магнитных материалов для 3D-печати на базе полимера PEEK с порошковыми наполнителями из редкоземельных металлов.

Материал на изломе.

Филаменты PEEK-NdFeB были изготовлены с тремя процентными содержаниями наполнителей – 25, 50 и 75% массы соответственно. Чистые прутки PEEK использовались в качестве эталона. Влияние наполнителя на основные термомеханические свойства полученных композитов, а также его влияние на процесс 3D-печати оценивали с помощью различных методов исследования (DSC, DMTA, XRD, испытания на растяжение).



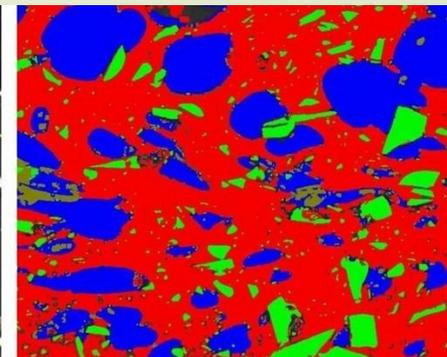
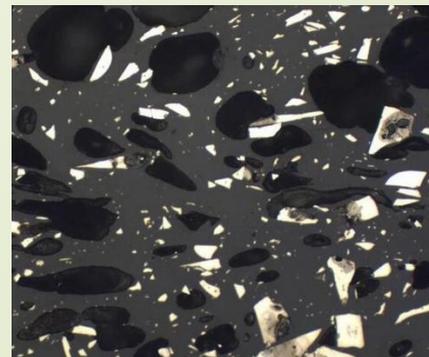
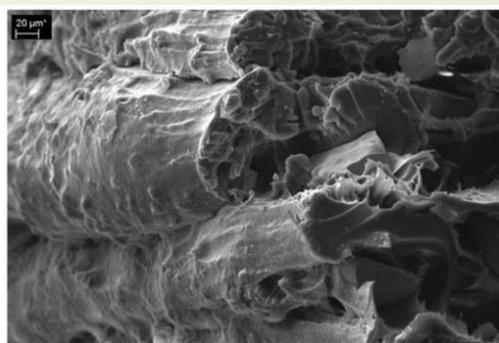
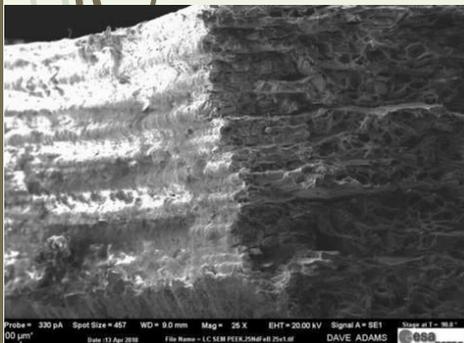
3D-печать деталей из PEEK с наполнителями из редкоземельных магнитных композитных материалов

Поверхность материала.

Магнитные свойства деталей, напечатанных по технологии Fused Filament Fabrication (FFF), подтвердили возможность использования такой комбинации инновационной технологии производства и высокоэффективных компаундов PEEK-NdFeB. Испытания, проведенные как на чистых, так и на композитных деталях, показали, что присутствие наполнителя немного снижает термическую стабильность, увеличивает модуль упругости при одновременном снижении пластичности и максимальной прочности на разрыв.

Пористость материала.

Полимер и наполнитель были смешаны с использованием миксера Thinky ARE-250 и экструдированы в нити диаметром $1,75 \pm 0,05$ мм с использованием одношнекового экструдера FILABOT (США): скорость вращения шнека 25 об/мин, температура 340 °С. Все произведенные филаменты использовались для печати на 3D-принтере производства компании INDMATEC GmbH. Все образцы были напечатаны горизонтально, с углом раstra $+45^\circ/-45^\circ$, в чередующихся слоях и со 100% заполнением. Использовались температура платформы 100 °С и температура экструдера 400 °С.



Рекомендованное оборудование

Aim3d ExAM 255

Немецкая компания Aim3D с 2017 года выпускает уникальные принтеры, способные печатать совершенно различными материалами. ExAM 255 – бюджетная модель из продуктовой линейки компании, использующая технологию CEM для 3D-печати как металлом, так и пластиком или керамикой. Машина имеет автоматическое устройство подачи материала, содержащее до одного литра материала на каждый из двух экструдеров. Это соответствует 1,2 кг ABS или 4,4 кг нержавеющей стали. Бункеры для материала можно пополнять во время печати. Технология CEM объединила в себе преимущества методов 3D-печати FDM/FFF, EBM, SLS/SLM и MIM. Результатом стал простой процесс, со всеми достоинствами аддитивного производства и без использования литейных форм, основанный на дешевых и широко доступных гранулах, изначально применявшихся для литья под давлением. При 3D-печати CEM не требуются лазеры, электронные лучи или вакуумные насосы. Пользователю больше не нужно настраивать устройство на каждый материал.

Технология CEM использует последующее спекание напечатанной из гранул со связующим веществом детали во внешнем устройстве.



Рекомендованное оборудование

Intamsys FUNMAT HT

Этот принтер имеет множество удобных конструктивных особенностей для 3D-печати с использованием инженерных материалов, таких как PEEK, PEI, PPSU и ULTEM. Устройство оснащено автоматическим выравниванием платформы, легко снимаемой композитной пластиной платформы, которая удерживается на месте с помощью магнитов, и усовершенствованной программой движения экструдера. Машина имеет полностью металлический корпус, экструдер с температурой до 450 °C, подогрев платформы печати до 160 °C и специальную камеру для филамента, с поддержанием постоянной температуры до 90 °C.



Рекомендованное оборудование

LEMAI Magic HT Pro

Профессиональный 3D-принтер MAGIC-HT-PRO – устройство, разработанное молодым китайским производителем, активно выходящим на мировой рынок. Это высокопроизводительная машина, использующая для печати технологию FDM. Двойная съемная печатающая головка с температурой до 450 °С дает возможность использовать подавляющее большинство полимеров, представленных на рынке, в том числе конструкционных филаментов, таких как PEЕК, PEАК, PEКК, PPSU, ULTEM, CARBON. Принтер имеет закрытую камеру печати с подогревом, автоматическую калибровку подогреваемой до 170 °С платформы печати, возможность удаленного управления через Wi-Fi и многие другие функции.



Рекомендованное оборудование

Omni3D Factory 2.0

Большая камера печати и низкая цена – лишь часть достоинств Factory 2.0. Винтовой привод обеспечивает высокую точность и повторяемость печати, а закрытая нагреваемая камера печати и температура экструдера до 420 °С (опционально) позволяют использовать практически любые материалы, включая тугоплавкие конструкционные.

Автоматическая калибровка платформы, система взвешивания филамента, большой 7-дюймовый сенсорный экран, инновационная система подъема неиспользуемой головки и высокое качество сборки – вот лишь некоторые из отличительных особенностей данного устройства.



Заключение

PEEK – один из лучших, по своим свойствам, пластиков для 3D-печати. Детали из него легче металлических, имеют высокую прочность, устойчивы к износу и высоким температурам, усталости и агрессивным химическим веществам. Столь выдающиеся свойства изделий из PEEK увеличивают экономическую эффективность производства и срок службы деталей, дают большую свободу конструкторской мысли и дизайну.

В настоящее время продукты из PEEK используются в очень сложных и ответственных задачах, включая миллионы имплантируемых медицинских устройств, десятки миллионов промышленных машин, сотни миллионов автомобилей и миллиарды телефонов.

