

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИОПОЛИМЕРОВ НА ПРОЧНОСТЬ

Казанцев В.Д.

10 класс, МБОУ СОШ № 12, г. Хабаровск

Научный руководитель: Терскова Л.Н., МБОУ СОШ № 12, г. Хабаровск

В настоящее время каждый человек постоянно имеет дело с полимерами в быту: это пластмассы, полиэтилены, пластики, ПВХ, полипропилен и многие другие. В тоже время, после короткого времени использования, многие полимеры мы просто выбрасываем. Так, например, среднее время использования полиэтиленового пакета составляет 20 минут. А время разложения такого пакета в земле превышает 100 лет. И это очень серьезная экологическая проблема. Поэтому актуальной является задача создания биоразлагаемых полимеров.

Под биоразложением понимается процесс разрушения полимера на простые составные части в естественных условиях под действием микроорганизмов и ультрафиолета. Из существующих до стадии реализации дошло несколько методов создания таких полимеров. Среди них – введение биоразлагаемой добавки на основе специальных макромолекул под названием d2w. Необходимо ввести в состав полиэтилена всего 1% такой добавки и через 3 года начнется активная фаза биоразложения.

Второй способ – использование изначально природных полимеров: например, кукурузы и сахарного тростника. Именно из этих составляющих изготавливают полилактид для печати в 3D-принтерах.

Однако, несмотря на все преимущества использования биоразлагаемых материалов, необходимо, чтобы свойства этих по-

лимеров оставались высокими. В том числе такое свойство как прочность. Мы не нашли в литературе данных о влиянии нанодобавок на прочность биоразлагаемых полимеров, поэтому решили провести несколько экспериментов. Во-первых, мы решили проверить, как будет влиять биоразлагаемая добавка на прочность при разрыве полиэтилена. Во-вторых, проверили, насколько может увеличиться прочность при изгибе PLA-пластика при введении углеродных нанотрубок.

Методика эксперимента

Для решения первой задачи был создан специальный стенд для испытаний прочности полиэтилена на растяжение (Рис.1). В качестве образцов для испытаний использовался полиэтилен низкого давления с биоразлагаемой добавкой и без неё от одного производителя, одинаковой толщины. Образцы имели определенную форму и размеры. Далее на штативе закреплялся образец, к нижней стороне закреплялась чаша, на которую постепенно добавлялись грузики весом 50 грамм и фиксировалось удлинение образца. Для каждого вида полиэтилена использовалось минимум 5 образцов.

Для второго эксперимента сначала образцы были напечатаны на 3D-принтере, который установлен у нас в школе (Рис. 2). Толщина образцов равнялась 1 мм. При этом для одной группы образцов между

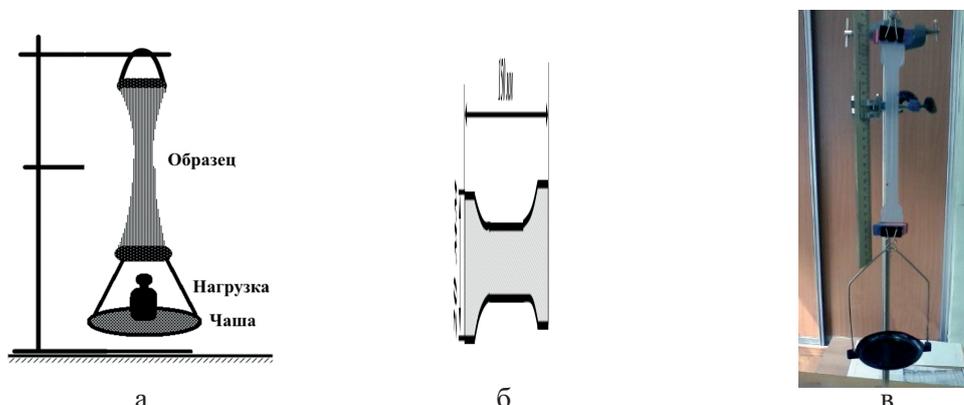
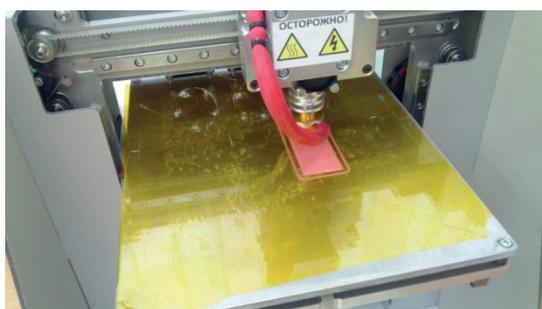


Рис. 1. Стенд для испытания прочности полимеров на разрыв: а – принципиальная схема, б – линейные размеры образцов, в – внешний вид установки



а



б

Рис. 2. а – печать образца на 3D-принтере, б - стенд для испытания прочности на сжатие

слоями PLA-пластика наносился слой из многослойных углеродных нанотрубок, купленных у российской фирмы. Далее образцы помещались в стенд для испытания прочности на изгиб, который позволял регистрировать изменение изгиба с точностью до одной сотой миллиметра.

Результаты

Как показали испытания, полиэтилен без добавки d2w растягивается равномерно и практически сразу при минимальной нагрузке (Рис. 3). При этом максимальное значение нагрузки при разрыве достигает 500 г. Добавка d2w влияет на повышение прочности при растяжении только на начальном этапе - при нагрузках, не превышающих ~150 г, однако дальнейшее увеличение нагрузки приводит к более резкому удлинению образцов по сравнению с полиэтиленом без биоразлагаемой добавки. Возможно это связано с тем, что при малых нагрузках первоочередную роль играют соли металлов, входящие в состав добавки – они механически сдерживают полиэтилен от удлинения в направлении приложенной нагрузки. Однако далее, вследствие отличий от состава чистого полиэтилена, материал быстрее разрушается и полностью разрушается при средней нагрузке ~400 г.

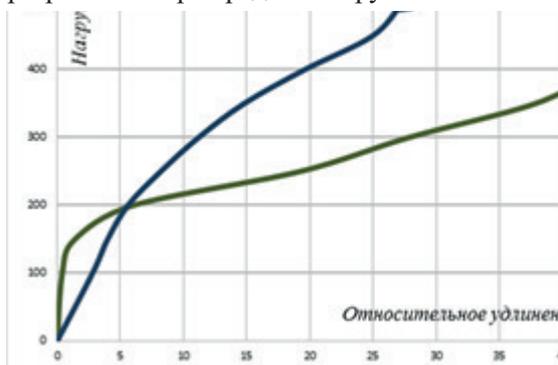


Рис. 3. Результаты испытания образцов на прочность при растяжении: 1 – полиэтилен без d2w, 2 – полиэтилен с добавкой d2w

Перед испытаниями PLA-пластика на прочность при изгибе, мы исследовали его структуру в оптическом микроскопе. И убедились, что каждый слой печатается не плотно, а с зазорами между волокнами пластика. Среднее расстояние между ними составило около 150 микрон (Рис. 4). Поэтому углеродные нанотрубки между слоями могли закрепиться только в месте контакта волокон соседних слоев. Очевидно, что большее влияние нанотрубки оказали бы при введении их в сам пластик, а не только между слоями. Однако с технической точки зрения (в условиях нашей школы) при печати на 3D-принтере это трудно реализуемо.

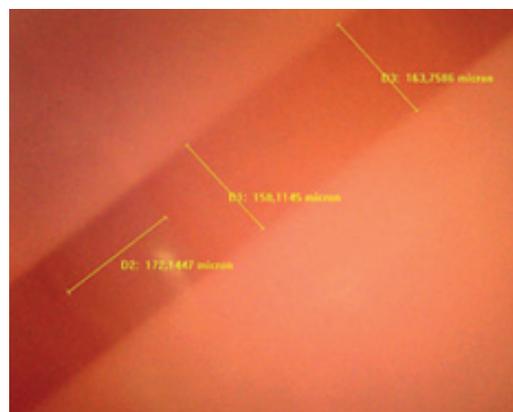


Рис. 4. Зазоры между волокнами пластика при печати на 3D-принтере

В результате показано, что влияние углеродных нанотрубок на прочность возникает практически с малой нагрузки (Рис. 5). При этом при нагрузке в 600 грамм разница в изгибе пластика с нанотрубками и без них составила около 1 мм (что составляет примерно 25% в относительном сравнении). Для достижения данного эффекта понадобилось подобрать оптимальные настройки при печати на принтере, т.к. необходимо было добиться наибольшего контакта волокон пластика между слоями.

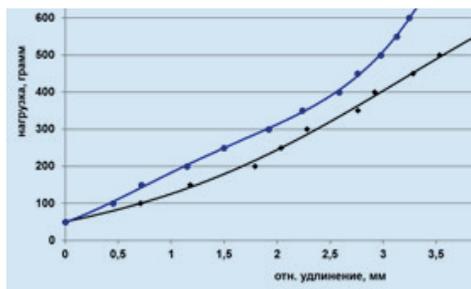


Рис. 5. Испытание прочности на изгиб PLA пластика: синяя линия – пластик с нанотрубками, красная – без нанотрубок

Выводы

1. Прочность на разрыв полиэтилена высокой плотности снижается в среднем на 20% при введении всего одного процента d2w-добавки. При этом структура поверхности пленки практически не меняется.

2. При использовании углеродных нанотрубок в многослойном PLA-пластике прочность на изгиб этого пластика может увеличиваться до 25% по сравнению с образцами без нанотрубок.