

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 537.9

DOI: 10.17223/00213411/62/10/3

С.М. ЛЕБЕДЕВ, Е.Т. АМИТОВ, Е.А. МИКУТСКИЙ

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАПРОЛАКТОНА, НАПОЛНЕННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Исследованы электрофизические, морфологические, реологические и структурные свойства новых полимерных композиций на основе поликапролактона, наполненного одностенными углеродными нанотрубками. Показано, что порог перколяции для разработанных композиций наблюдается при содержании углеродных нанотрубок около 0.1 мас. %. Установлено, что степень кристалличности композиций увеличивается более чем на 60 % по сравнению с исходным поликапролактоном. Добавление углеродных нанотрубок в полимерную матрицу ведет к уменьшению среднего размера кристаллитов, тогда как их количество существенно увеличивается. Показано, что разработанные композиции могут перерабатываться методом экструзии, даже при содержании углеродных нанотрубок 1.0 мас. % показатель текучести расплава составляет не менее 0.5 г/10 мин.

Ключевые слова: поли(ϵ -капролактон), биоразлагаемые электропроводящие композиции поли(ϵ -капролактон)/углеродные нанотрубки, степень кристалличности.

Введение

Поли(ϵ -капролактон) (ПКЛ) является биоразлагаемым инженерным пластиком с низкой температурой плавления (60–65 °С), широко применяемым в регенеративной медицине и в различных областях промышленности. ПКЛ имеет частично-кристаллическую надмолекулярную структуру и обладает высокими физико-механическими свойствами. Однако ПКЛ является электроизоляционным полимерным материалом, и часто это ограничивает его применение в таких областях, как регенеративная медицина, электроника, электротехника и т.п., когда требуется высокая проводимость применяемого полимера, в частности при изготовлении биоразлагаемых имплантов и различных конструкционных элементов (каркасов или скэффолдов), применяемых при восстановлении костной ткани [1–6].

Дальнейшее развитие регенеративной медицины, и в частности восстановление костной ткани, тесно связано с технологией 3D-печати, которая позволяет изготавливать биоразлагаемые и биосовместимые скэффолды и импланты по компьютерным данным индивидуального пациента. Метод послойного наложения, или 3D-печати, известен более 25 лет и его часто называют «третьей промышленной революцией» или технологией будущего [7, 8]. О возможности изготовления имплантов и скэффолдов для костной инженерии с помощью 3D-печати было, по-видимому, впервые сообщено Хатмачером в [9], где показано применение скэффолдов, изготовленных из композиции на основе ПКЛ, наполненного гидроксиапатитом (ПКЛ/ГА). Скэффолды, изготовленные из композиции ПКЛ/ГА методом 3D-печати, были применены в лабораторных условиях [10] для изготовления прототипов костной ткани человека и в реальных условиях для изготовления скэффолдов для регенерации костной ткани животных [11]. Авторы показали, что длительность формирования новой костной ткани уменьшается на 14.1 % в течение 3 мес.

В [12] авторы сообщили, что скэффолды, изготовленные из биоразлагаемого полимера, наполненного углеродными нанотрубками (УНТ), были применены в реальных операциях на лабораторных животных. Авторы исследовали две группы лабораторных кроликов. В костные дефекты первой группы животных (контрольная группа) были имплантированы скэффолды из исходного биоразлагаемого полимера – полипропиленфумарата (ППФ). Скэффолды для второй группы животных были изготовлены из композиции ППФ/УНТ. Авторы обнаружили существенное ускорение роста костной ткани у второй группы животных по сравнению с контрольной группой. Через 12 недель после имплантации объем регенерированной костной ткани у второй группы животных увеличился на 65 % по сравнению с контрольной группой. Авторы объясняют этот экспериментальный факт увеличением остеопроводимости скэффолдов за счет наличия в них УНТ.

Применение биоразлагаемых скэффолдов позволяет достичь даже большего эффекта в восстановлении поврежденной костной ткани, так как в этом случае нет необходимости их удаления, в отличие от титановых имплантов [13].

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>