

## ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 537.9

DOI: 10.17223/00213411/63/4/3

С.М. ЛЕБЕДЕВ, Е.Т. АМИТОВ

## МЕХАНИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПОЛИКАПРОЛАКТОН/УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Исследованы механические и реологические свойства новых полимерных композиций на основе поликапролактона, наполненного одностенными углеродными нанотрубками. Все композиции были изготовлены методом горячего компаундирования в расплаве. Наполнение поликапролактона углеродными нанотрубками в количестве от 0 до 1 вес. % приводит к увеличению модуля упругости почти на 75 % и двукратному уменьшению прочности и удлинения при разрыве по сравнению с исходным поликапролактоном. Показатель текучести расплава композиций при увеличении содержания углеродных нанотрубок уменьшается почти в 10 раз по сравнению с исходным поликапролактоном.

**Ключевые слова:** поликапролактон, одностенные углеродные нанотрубки, биоразлагаемые полимерные композиции, механические и реологические свойства.

## Введение

В последние десятилетия резко возрос интерес к биоразлагаемым полимерам и композициям на их основе. Это связано как со все возрастающей проблемой загрязнения окружающей среды отходами синтетических полимеров, так и с истощением невозобновляемых углеводородных ресурсов и их удорожанием. Одним из таких полимеров является поли( $\epsilon$ -капролактон) (ПКЛ) – термопластичный частично кристаллический полимер, получаемый химическим синтезом путем раскрытия цикла  $\epsilon$ -капролактона при температуре 120–220 °С в присутствии катализаторов. ПКЛ имеет температуру плавления около 60–65 °С и температуру стеклования около –60 °С и широко используется в биомедицине и различных отраслях промышленности за счет его доступности, биоразлагаемости, хорошей технологичности (переработка традиционными способами) и высоких механических свойств [1–6].

Наполнение ПКЛ различными микро- и нанонаполнителями, такими, как углеродные нанотрубки (УНТ), углеродные волокна, технический углерод (электропроводящая сажа), диоксид кремния (SiO<sub>2</sub>), гидроксипатит и т.п., позволяет получать коммерческие биоразлагаемые и биосовместимые продукты со свойствами, не присущими исходному ПКЛ, в частности с высокой электро- и теплопроводностью. Наиболее удобными способами изготовления композиций на основе ПКЛ в промышленных масштабах являются экструзия и смешение в расплаве [7]. Однако практически все известные композиции на основе ПКЛ, доступные на рынке, изготовлены с помощью смешения в растворах в лабораторных условиях, что существенно ограничивает области их применения. И если основные свойства композиций, изготовленных с помощью смешения в растворе, достаточно хорошо изучены [1–4, 8–12], то для композиций, изготовленных экструзией или смешением в расплаве, такие экспериментальные данные практически отсутствуют.

Цель данной работы – исследование влияния наполнения ПКЛ одностенными углеродными нанотрубками на механические и реологические свойства композиций ПКЛ/УНТ, изготовленных методом смешения в расплаве.

## 1. Методы исследования и образцы

В данной работе поли( $\epsilon$ -капролактон) (Пермский завод «Химик», Россия) был выбран в качестве полимерной матрицы. ПКЛ представляет собой биоразлагаемый полиэфир с низкой температурой плавления около 60–65 °С и температурой стеклования около –60 °С, широко используемый в биомедицине. Одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ, TUBALL™) были предоставлены фирмой «OCSiAl LLC» (г. Новосибирск, Россия) и применялись в качестве электропроводящего наполнителя. Материалы применялись без дополнительной обработки. Содержание ОУНТ (С, вес. %) в полимерных композициях составляло от 0 до 1.0 вес. %.

Уважаемые читатели!

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

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