

U_3 прямо пропорциональна постоянной β , характеризующей нелинейные необратимые процессы намагничивания. Первоначальный рост U_3 при увеличении степени пластической деформации образца вызван формированием в нем ферромагнитной фазы. После достижения максимального значения U_3 переходит к снижению, так как с ростом степени пластической деформации начинает уменьшаться величина β .

Из полученных результатов следует, что контроль степени механической обработки, количества создаваемой ею ферромагнитной фазы, а также твердости изделий из стали 12X18H10T на технологически известных участках диапазона пластической деформации до и после 20 % может осуществляться с помощью любого из трёх рассмотренных приборов. При этом прибор контроля твердости ПКТ-2, создающий наименьший объем информативной зоны, применим к более мелким изделиям. Контроль во всем диапазоне деформаций 0–50 % возможен только с помощью магнитодинамического толщиномера МТЦ-3. Процесс измерений этим прибором характеризуется простотой, при этом обеспечивается высокая чувствительность и стабильность получаемых результатов.

УДК 678.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК НАНОКОМПОЗИТОВ И ПОЛИОКСИБУТИРАТА МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Ширяева В.Д.¹, Щербакова Е.Н.²

¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Магнитные наночастицы (НЧ) оксидов железа в составе композитов благодаря своим магнитным свойствам, таким как низкая коэрцитивность, высокая намагниченность насыщения и низкая температура Кюри, а также чрезвычайно низкая токсичность и биосовместимость, считаются одними из наиболее подходящих материалов для использования в медицине. В частности, композиты на их основе перспективны для биомедицинских применений в качестве инструмента для адресной доставки лекарств [1].

Пленки полиоксибутирата (ПОБ) используются в медицине для создания тканей, основанных на биоразлагаемых полимерах и имеющих форму замещаемого органа, для изготовления рассасывающихся шовных нитей, хирургических пластин, остеопротезов и имплантатов с возможностью постепенного замещения соединительной тканью организма [2, 3].

В настоящей работе для исследования образцов использовался метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на микроскопе

Литература

1. Снежной Г.В. Идентификация низких содержания феррита и мартенсита в аустенитных хромоникелевых сталях // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 7. – С. 76–79.
2. Горкунов Э.С. Влияние деформации прокаткой и одноосным растяжением на структуру, магнитные и механические свойства армо-железа, стали 12X18H10T и составного материала «сталь 12X18H10T – армо-железо–сталь 12X18H10T» / Горкунов Э.С., Задворкин С.М., Коковихин Е.А., Туева Е.А. (Путилова), Субачев Ю.В., Горулева Л.С., Подкорытова А.В. // *Дефектоскопия*. – 2011. – № 6. – С. 16–30.
3. Лухвич А.А. Выявление ферромагнитной составляющей в нержавеющей сталях магнитодинамическим методом. / А.А. Лухвич, В.И. Шарандо, А.К. Шукевич, К.И. Янушкевич // *Дефектоскопия*. – 2015. – № 3. – С. 3–10.
4. Лухвич А.А. Магнитные толщиномеры нового поколения // *Не разрушающий контроль и диагностика*. – 2010. – № 4. – С. 3–15.
5. Разработки лаборатории металлофизики ИПФ НАН Беларуси в области неразрушающего контроля [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://iaph.basnet.by/lab1/products/> – Дата доступа: 07.10.2020.
6. Гусак Н.О. Прибор для контроля твердости ПКТ-2 / Н.О. Гусак, А.В. Чернышев, В.Л. Цукерман // *Дефектоскопия*. – 1991. – № 10. – С. 92.

JSM6000 (JEOL, Япония). Изображения СЭМ получены в режиме высокого вакуума при ускоряющем напряжении 15 кВ.

Сканирующая электронная микроскопия широко используется для диагностики наноматериалов и наноструктур, так предел разрешения СЭМ приближается к нескольким нанометрам. Кроме того, с помощью АСМ определяют химический состав приповерхностной области. Достоинством СЭМ является возможность определения количественного и качественного химического состава образца.

Пленки ПОБ получали нанесением раствора полиоксибутирата в хлороформе методом спинкоутинга – это метод нанесения частиц или тонких пленок на плоские подложки за счет центрифугирования и растекания раствора прекурсора по поверхности образца.

Нанесение осуществлялось на 2 вида шаблонов: линейный и квадратный. Результаты исследований на СЭМ представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

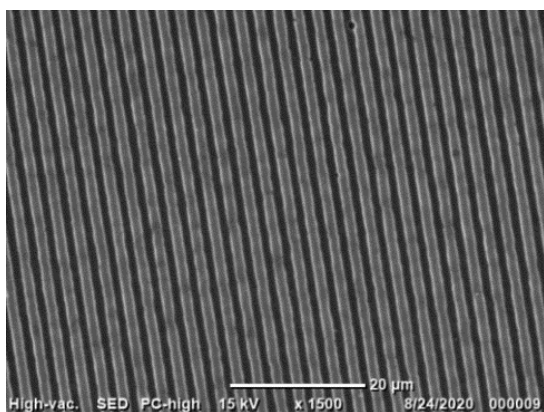


Рисунок 1 – Линейная морфология пленок ПОБ, полученная с помощью СЭМ

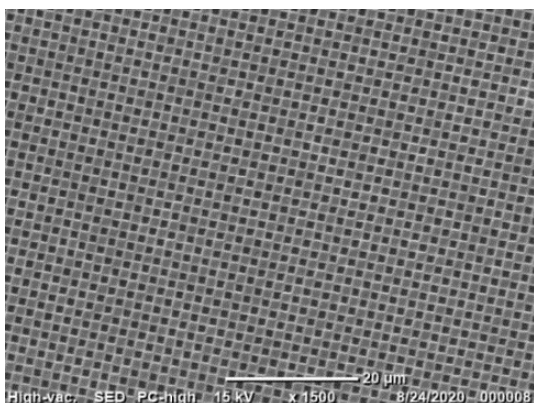


Рисунок 2 – Квадратная морфология пленок ПОБ, полученная с помощью СЭМ

В ходе выполнения исследований была получена морфология нанокompозита на основе ядра из гидроксипатита и магнетита, покрытого полиальдегиддекстраном, амидом и серебром – $[(GA)Fe_3O_4]PAD-466]Ag$ (рисунок 3).

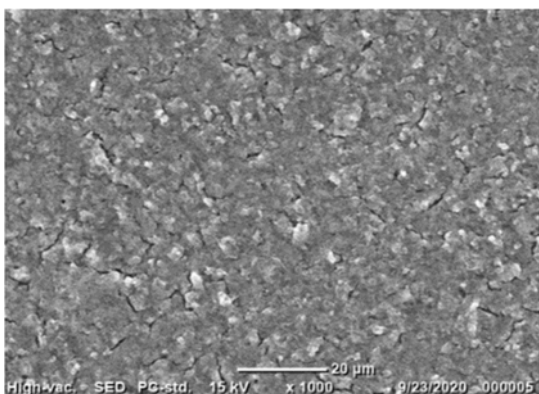


Рисунок 3 – Морфология нанокompозита на основе ядра из гидроксипатита и магнетита, покрытого полиальдегиддекстраном, амидом и серебром

Данный нанокompозит был получен осаждением из суспензии на Si-подложку и затем высушен при $T = 20^\circ C$.

С помощью СЭМ был также проведен анализ элементного состава. Предварительно были вы-

браны интересующие нас элементы из таблицы Менделеева. Осуществлялись 3 варианта анализа: по всему изображению (рисунок 4), по выбранной области (рисунок 5) и в выбранной точке (рисунок 6).

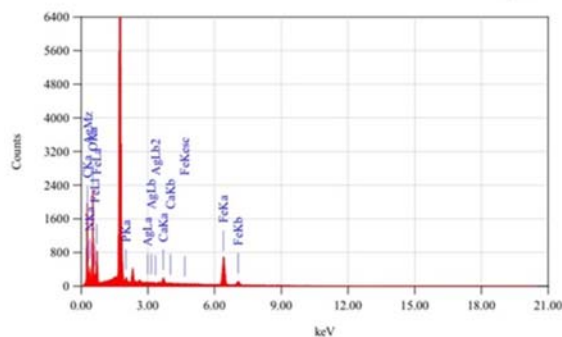
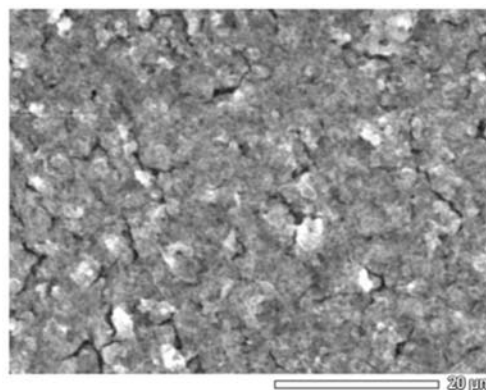


Рисунок 4 – Анализ элементного состава нанокompозита по всей области

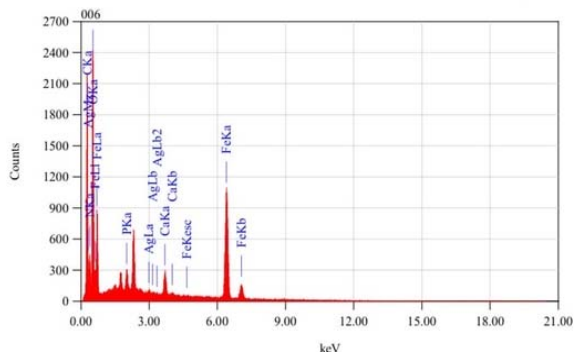
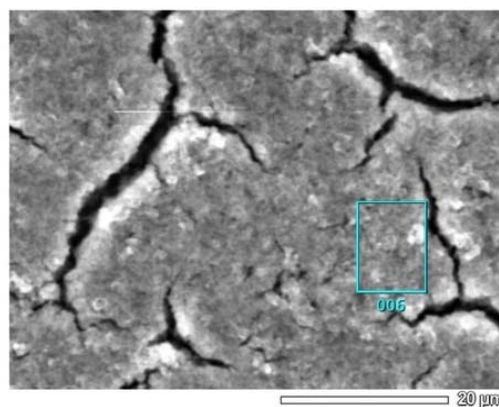


Рисунок 5 – Анализ элементного состава нанокompозита по выбранной области

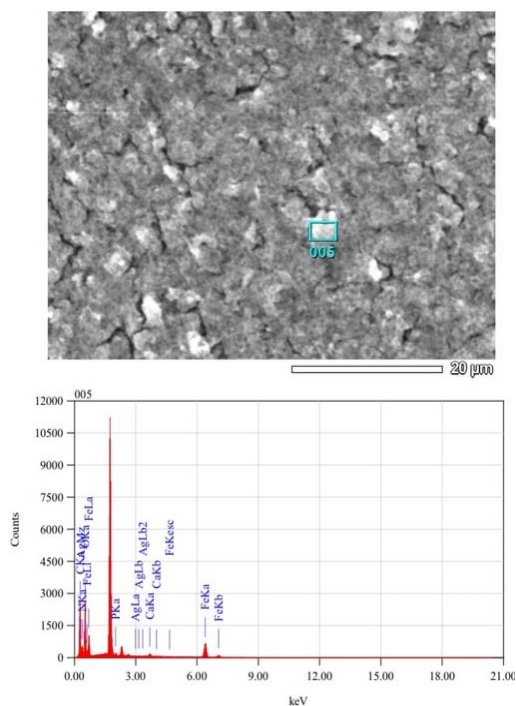


Рисунок 6 – Анализ элементного состава нанокompозита в выбранной точке

Во всех трех случаях были выбраны и обнаружены C, N, O, P, Ca, Fe и Ag. В качестве подложки использовался Si, вследствие чего на

спектрах наблюдается большой пик, который определяет его наличие.

Таким образом, в ходе выполнения работы с помощью СЭМ JSM6000 были исследованы пленки полиоксибутирата и нанокompозита на основе ядра из гидроксиапатита и магнетита, покрытого полиальдегиддекстраном, амидом и серебром. Изучены морфология поверхности и проведен качественный анализ элементного состава нанокompозита.

Исследования полиоксибутирата и нанокompозита на основе ядра из гидроксиапатита и магнетита являются актуальными, так как данные материалы находят широкое применение в медицине.

Литература

1. Игнатович Ж.В. Синтез и свойства композитов на основе гидроксиапатита, магнетита и 2-ариламинопиримидина / Ж.В. Игнатович, Х.А. Новик, А.В. Абакшонов [и др.] // Российские нанотехнологии. – 2019. – Т. 14, № 11–12. – С. 88–94.
2. Boskhomdzhiiev A.P. Biodegradation kinetics of poly(3-hydroxybutyrate)-based biopolymer systems / A.P. Boskhomdzhiiev, A.P. Bonartsev, T.K. Makhina [et al.] // Biochem. Suppl. Ser. B Biomed. Chem. – 2010. – Vol. 4, no. 2. – Pp. 177–183.
3. Langer R. Tissue Engineering / R. Langer, J.P. Vacanti // Science, New Series. – 1993. – V. 260(5110). – P. 920–926.

УДК 678.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК ПОЛИОКСИБУТИРАТА МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Ширяева В.Д.¹, Щербакoва Е.Н.²

¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Полиоксибутират (ПОБ) и его сополимеры являются наиболее известными и широко используемыми представителями полиоксиалканатов. Благодаря комплексу физико-химических и биологических свойств – способности к биодеградации, биологической инертности и совместимости с тканями, ПОБ может быть использован для изготовления рассасывающихся шовных нитей, хирургических пластин, остеопротезов и имплантатов с возможностью постепенного замещения соединительной тканью организма [1].

В настоящей работе для исследования образцов ПОБ использовался метод атомно-силовой микроскопии (АСМ) с использованием сканирующего зондового микроскопа Nanoscope III D (Veeco, США).

Условия сканирования АСМ: контактный режим, кантилевер из нитрида кремния с констан-

той жесткости 0,32 Н/м, скорость сканирования: 1–5 Гц, опорное значение силы взаимодействия: 1–10 нН, плотность информации составляла 512×512 точек.

Пленки из ПОБ можно получить 2 способами:

– из раствора полиоксибутирата в хлороформе методом спин-коутинга – метод нанесения частиц или тонких пленок на плоские подложки за счет центрифугирования и растекания раствора прекурсора по поверхности образца.

– методом осаждения из 3 % раствора полимеров в хлороформе на стеклянную чашку Петри. После испарения хлороформа, оставшийся в пленках растворитель удаляют путем сушки в термостате при 37 °С в течение двух дней.

Эти пленки могут применяться в качестве подложек для роста клеток.

Пленки ПОБ получали нанесением раствора полимера на 2 вида шаблонов: линейный и квад-