МОРФОЛОГИЯ ТОНКОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНАХ

Е. В. Овчинников, В. А. Струк, Д. И. Федоров

Гродненский государственный университет, ул. Ожешко 22, 230023 г. Гродно, Беларусь.

Нанесение фторсодержащих олигомерных покрытий на твердые подложки приводит к существенному изменению морфологии поверхностных слоев, обрабатываемых материалов. В большинстве случаев наблюдается сглаживание рельефа, залечивание микродефектов фторсодержащими олигомерами [1–3]. В работах [4] было установлено, что металлические подложки существенно влияют на кинетику формирования покрытия, а это в свою очередь сказывается на морфологии формируемых фторсодержащими олигомерами пленок. При нанесении пленок из раствора на полимерные подложки влияния исходной поверхности на кинетику формирования покрытия не наблюдается [5,6]. В большинстве экспериментов использовались блочные или пленочные образцы. Представляет интерес изучить морфологию поверхности волоконных полимерных материалов, обработанных фторсодержащими олигомерами и полимерами. Нанесение полимерных покрытий на волокна позволяет существенно повысить физико-механические свойства последних. Одним из объяснений данного эффекта является то, что формируемое тонкопленочное покрытие заполняет микродефекты, в результате чего повышается прочность волокон.

Целью данной работы является изучение морфологии тонкослойных покрытий, формируемых на полимерных волокнах, в том числе и при воздействии агрессивной среды.

В качестве исследуемых образцов использовали волокна полиамидов толщиной ~100 мкм. Тонкопленочные покрытия формировали методом окунания волокна в 1–2% растворе фторсодержащих олигомеров во фреоне с последующей сушкой на воздухе. Изучение морфологии поверхности проводили на приборе НАНОТОП-203. Обработку проводили в фолеоксах Ф-1, Ф-14 общей формулой R_f–R_1, где R_f – фторсодержащий радикал, R_1 – концевая группа (–COOH, R_f). Модифицированную нить в течении одного часа выдерживали в кипящей воде после чего, также исследовалась морфология поверхности.

В таблице приведены значения предела прочности нити обработанной различными видами фолеоксах, в том числе после воздействия агрессивной среды. Нанесение фторсодержащих олигомеров существенно не изменяет прочностных характеристик. Однако фторсодержащие олигомеры эффективно защищают нить от воздействий агрессивной среды (таблица). Исходя из проведенных АСМ исследований, было установлено существенное изменение морфологии поверхности в зависимости от “фолеокса”, что может существенно сказываться на механических свойствах модифицированных волокон.

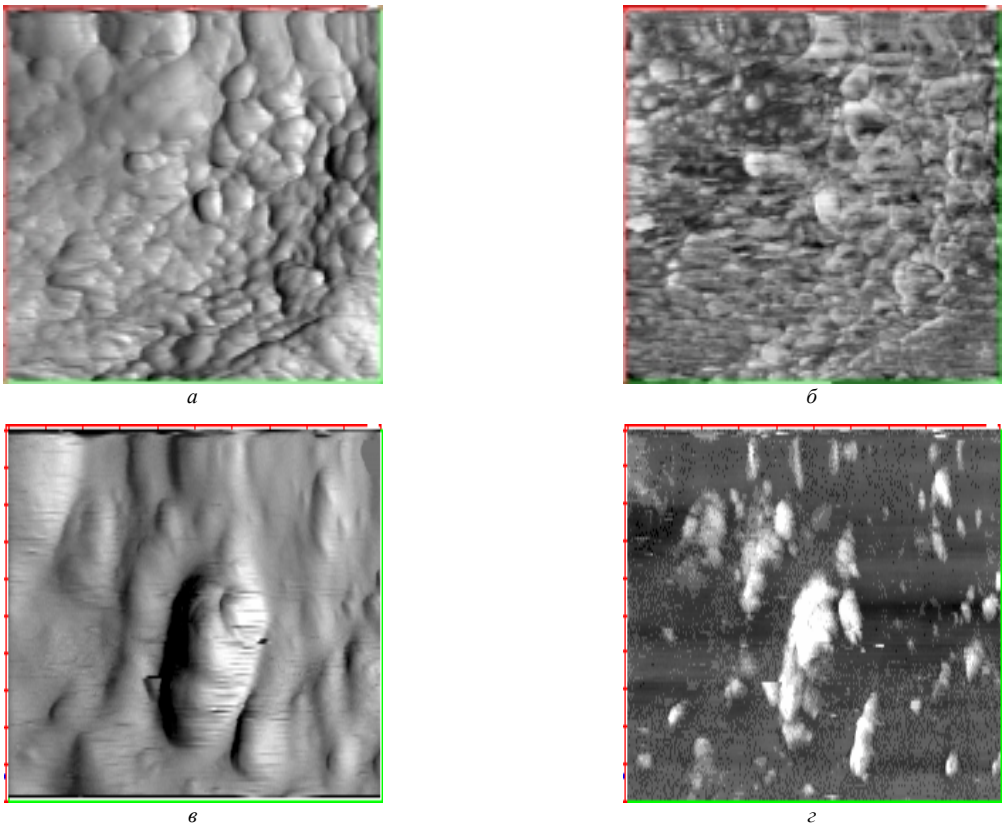
Таблица. Зависимость предела прочности при растяжении модифицированного волокна

Предел прочности или растяжения	Марка фолеокса			
	н/о	Ф-1	Ф-14	Ф-АК2
$\sigma_{пр}$, МПа	17,5	19,4	19,9	19,1
$\sigma_{пп}$, МПа	8,9	12,1	19,1	11,2

На рис. 1 изображена исходная поверхность полиамидного волокна в том числе, после воздействия агрессивной среды. Исходная поверхность волокна имеет развитый рельеф, наблюдается достаточно большое количество глобулярных образований средним размером ~ 2 мкм.

Изображение фазового контраста показывает, что поверхностные слои имеют примерно одинаковый модуль Юнга на различных участках сканирования [7]. Воздействие агрессивной среды приводит к сглаживанию исходного рельефа (рис 1*б*), однако наблюдаются редко расположенные глобулярные объекты средним размером ~6 мкм. На фотографии фазового анализа видно снижение зна-

чений модуля Юнга [7], однако наблюдаются локальные области обладающие более высокими прочностными характеристиками, чем в среднем по поверхности. Необходимо отметить, что образование этих областей совпадает с размерами глобулярных образований. Исходя, из полученных результатов можно предположить следующее: при воздействии агрессивной среды происходит растворение аморфной составляющей полиамидного волокна, которое играет роль своеобразного связующего между кристаллическими частями полимера (рис.).



а *б* *в* *г*

Рис. 1. Морфология полиамидного волокна (а, б), в том числе после воздействия агрессивной среды (в, г) (а ,б – 24,8×22,6 мкм) (в, г – 24,7×13,0 мкм). *а, в* – топография, *б, г* – фазовый анализ

Нанесение фторсодержащего олигомера Ф-1 приводит к образованию сглаженного, пологого рельефа (рис. 2*а*). На образце не наблюдается явных областей локального упорядочения (рис. 2*б*). Воздействие агрессивной среды приводит к некоторому изменению морфологии поверхностных слоев полиамидного волокна, частично обнажается исходный рельеф (рис. 2*в*), на изображениях фазового контраста не наблюдается областей локального упрочнения. По своему характеру рельефа поверхности модифицированное волокно, после обработки в агрессивной среде похоже на исходное волокно.

Нанесение не полярного фолеокса Ф-14, как и в случае обработки металлов, не закрывает полностью обрабатываемую поверхность, происходит частичное осаждение фолеокса на различных участках волокна (рис. 3*а,б*). При воздействии агрессивной среды на волокно, модифицированное фолеоксом Ф-14, наблюдается образование глобулярных образований средним размером ~6 мкм. Однако как показывают изображения фазового контраста, на поверхности модифицированного волокна не наблюдается областей с высокими прочностными характеристиками.

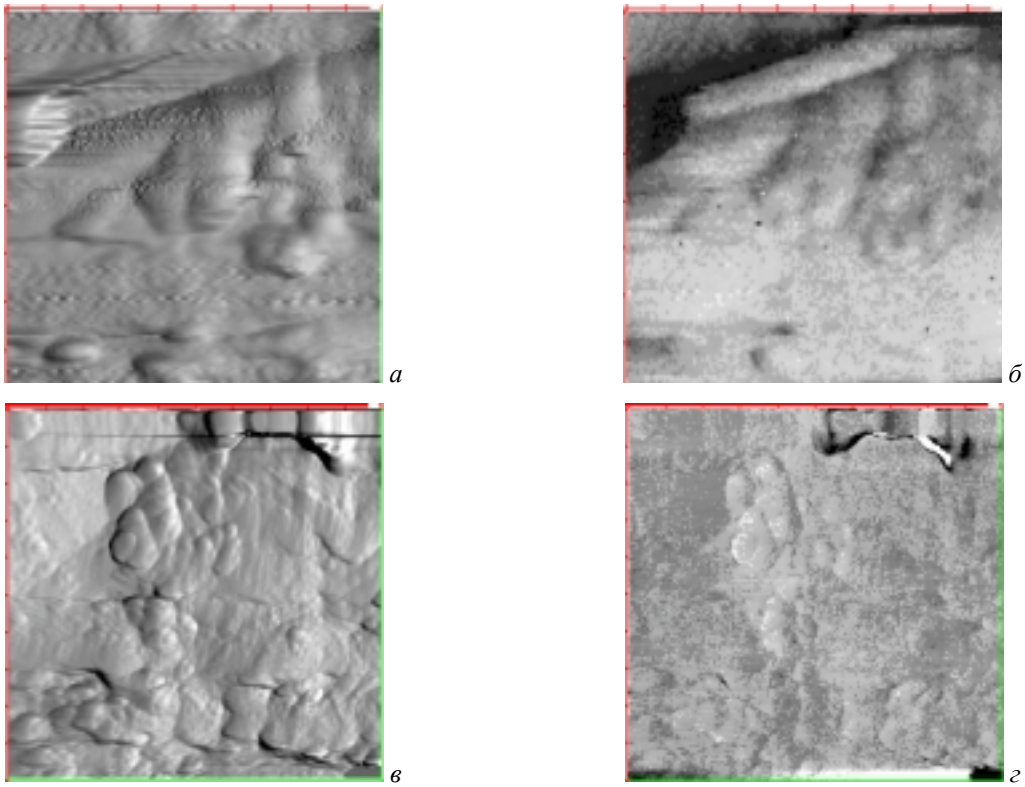


Рис. 2. Морфология полиамидного волокна, модифицированного фолеоксом Ф-1 (*а, б*), в том числе после воздействия агрессивной среды (*в, г*). *а, б* – 24,7×24,7 мкм; *в, г* – 24,7×20,0 мкм. *а, в* – топография, *б, г* – фазовый анализ

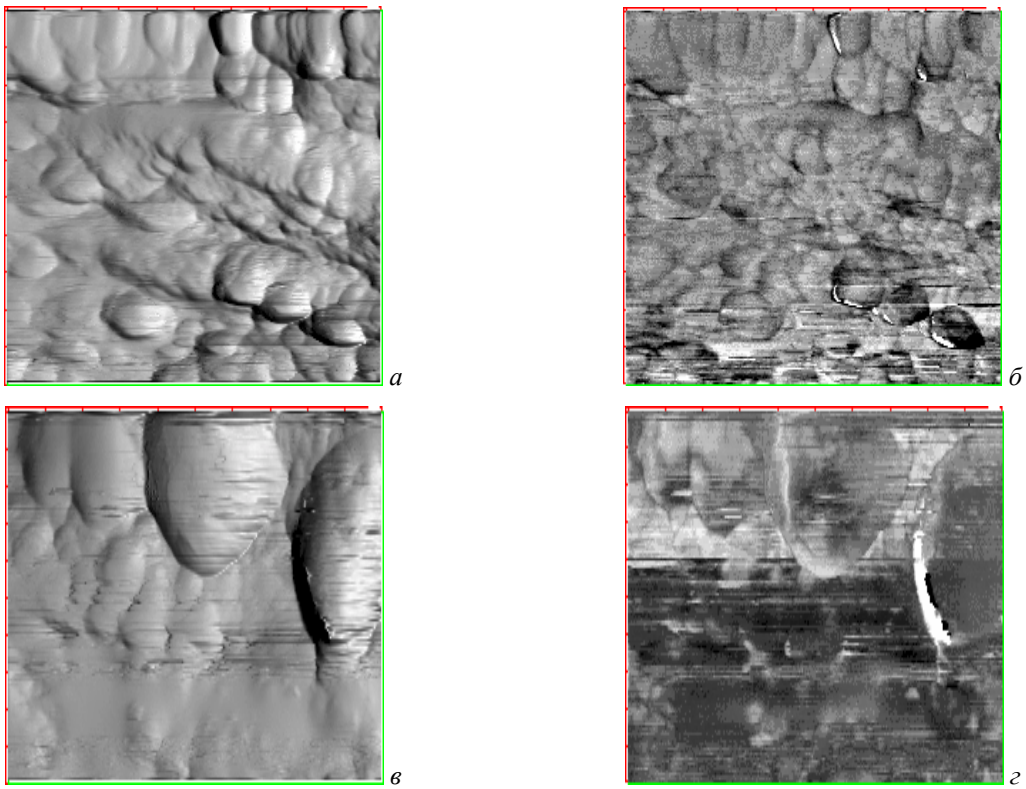


Рис. 3. Морфология полиамидного волокна, модифицированного фолеоксом Ф-14 (*а, б*), в том числе после воздействия агрессивной среды (*в, г*) (*а, б* – 24,7×19,1 мкм)(*в, г* – 24,7×14,0 мкм)

Таким образом, исходя из выше изложенного, можно сделать следующие выводы. Фторсодержащие олигомеры в зависимости от строения оказывают различное защитное действие на полиамидные волокна. Покрытия, образованные из полярных фторсодержащих олигомеров оказывают более эффективное защитное действие, чем не полярные олигомеры. Различие в морфологии поверхности существенным образом сказывается на прочностных свойствах волокон.

Литература

1. Струк В.А; Чижик С.А; Овчинников Е.В; Губанов В.А; Тройчанская П.Е; Структурно-морфологические особенности тонких плёнок на металлических подложках // Трение и износ 1995.Т.16, №5.-стр.974-979.
2. Struk V.A. Gubanov V.A; Ovchinnikov E.V; Troichanskaya P.E; Structure and tribotechnical properties of the thinfilms of fluorine containing oligomers // Tribological problems in exposecl friction system vysoke Tafry, 1996г – p.370-310.
3. Струк В.А; Овчинников Е.В; Ивченко Е.И; Губанов В.А; Минкевич Д.А; Влияние энергетических факторов на структуру фторсодержащих олигомеров // ДАН Беларуси – 1996, Т.40 №5-с.47-49.
4. Струк В.А; Овчинников Е.В; Русецкий В.В; Структура тонких плёнок фторсодержащих олигомеров, модифицированных углеродными кластерами // III Беларуский семинар по сканирующей зондовой микроскопии- С.96-99.
5. Бойко Ю.С., Кравченко В.И. Морфологические особенности формирования фторсодержащих олигомеров на различных подложках //Материалы, технологии, инструменты ,№4,1999г.-С.42-46
6. Овчинников Е.В., Струк В.А., Бойко Ю.С. Структура и свойства тонких пленок, формируемых из растворов фторсодержащих олигомеров // Веснік Гродзенскага дзяржаунага універсітета імя Янкі Купалы, №1, 1999-С.49-57.
7. Ан Х.-С., Чижик С. А., Дубравин А. М. Атомно-силовая микроскопии поверхности трения TiN // Трение и износ Т.20; №6, 1999-С.613-622.