

XXIX

РОССИЙСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ЭЛЕКТРОННОЙ
МИКРОСКОПИИ

Современные методы
электронной, зондовой
микроскопии
и комплементарных методов

в исследованиях наноструктур
и наноматериалов

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

RSEM2022

29–31 АВГУСТА 2022 ГОДА

XXIX Российская конференция по электронной микроскопии

29-31 августа 2022 г.

Сборник тезисов

XXIX Российская конференция по электронной микроскопии «Современные методы электронной, зондовой микроскопии и комплементарных методов исследования наноструктур и наноматериалов». г. Москва, 29 – 31 августа 2022 г. 633 с.

В сборнике опубликованы материалы XXIX Российской конференции по электронной микроскопии «Современные методы электронной, зондовой микроскопии и комплементарных методов исследования наноструктур и наноматериалов», прошедшей 29-31 августа 2022 г. в Москве. Представлены тезисы докладов в соответствии тематическими секциями: «Новые методы просвечивающей и растровой микроскопии», «Крио-ЭМ и применение электронной, конфокальной сканирующей микроскопии в биологии и медицине», «Электронная микроскопия, электронная дифракция и микроанализ в исследовании новых материалов и процессов», «Растровая электронная и ионная микроскопия. In-situ исследования в РЭМ», «Электронная микроскопия в геологии», «Методы электронной микроскопии и микроанализа в исследованиях предметов культурного наследия», «Сканирующая зондовая микроскопия», «Исследование сверхбыстрых процессов, фемтосекундная микроскопия, динамическая электронная кристаллография», «Электронная и ионная литография. Микроскопия и современные технологии», «Комплементарные методы».

Данное издание предназначено для учёных, специалистов, аспирантов и студентов, интересующихся современными методами электронной и зондовой микроскопии в исследованиях органических, неорганических наноструктур и нано-биоматериалов.

© 2022, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

Изучение морфологии поверхностных слоев композитных материалов после трибологических испытаний методами СЭМ и СЗМ

Муравьева Т.И.¹, Щербакова О.О.¹, Шкалей И.В.¹

¹Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия
e-mail: muravyeva@list.ru

В работе были изучены образцы углеродных композитов, модифицированных графитированными (образец №1) и карбонизованными (образец №2) волокнами, использующихся в узлах фрикционного назначения. Образцы отличались различным видом термообработки (образец №1 был термообработан при температуре 2800°C, образец №2 - при температуре 1400°C). В обоих материалах использовалась углеродная матрица, полученная путём термического разложения углеводородного сырья. При этом волокна в образцах композитов были объединены в жгуты, хаотичным образом ориентированные в объёме материала [1]. Оба образца подвергали финишной термообработке при температуре 2000 °C. СЭМ исследования после трибологических испытаний, имитирующих работу авиационных тормозных механизмов [2], проводили на сканирующем электронном микроскопе FEI Quanta 650 с микроанализатором EDAX при ускоряющем напряжении 25 кВ. СЗМ исследования проводили в режиме тейпинга (резонансная частота 250 Гц) на приборе Smart SPMTM. Использовали кантилеверы марки fr 10 с радиусом закругления острия зонда около 20 нм. На рис. 1 приведено СЭМ - изображение поверхности исследуемых образцов после испытаний.

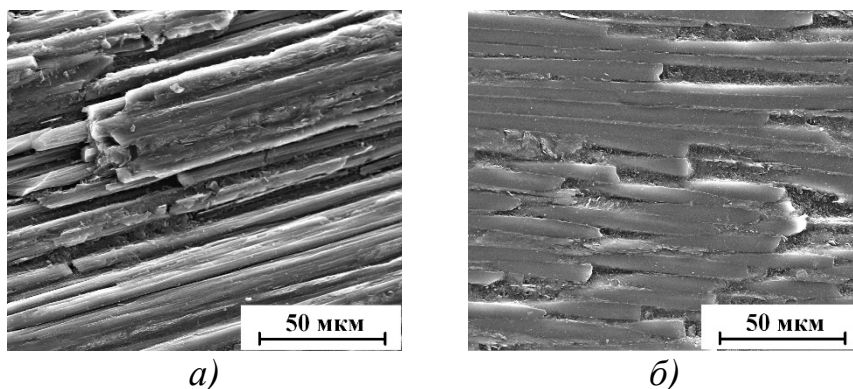


Рис.1. СЭМ-изображения поверхности образцов волокна в жгутах: а – образец №1, б – образец №2

Полученные СЭМ изображения показывают, что в образце №1 жгуты волокон лежат практически параллельно поверхности, в то время как образце №2 они расположены как частично под некоторым углом, так и параллельно к ней. Особенности залегания волокон связаны с различием свойств волокон: графитированные волокна являются хрупкими и ломкими, что в процессе

аэродинамического формирования приводит к заполнению пространства между жгутов обломками волокон. В то же время карбонизированные волокна – более гибкие и эластичные. Для получения информации о пространственной геометрии поверхности и для оценки ее рельефа с большим разрешением использовалась сканирующая зондовая микроскопия. Полученные СЗМ-изображения и профили поверхностей образцов приведены на рис. 2.

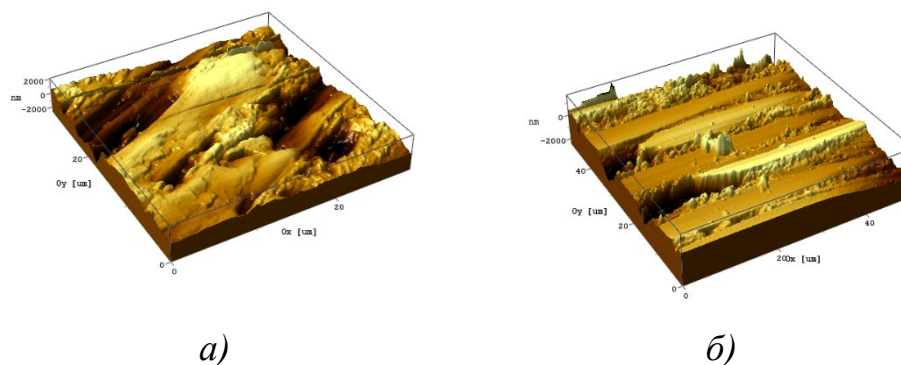


Рис.2. СЗМ-изображения поверхностей образцов: а – образец №1, б – образец №2

На рисунке видны как волокна, возвышающиеся над матрицей, так и «утопленные» под поверхностью трения, предположительно в результате отламывания, выкрашивания фрагментов волокон. Графитированные волокна более склонны к расслоению при трении, чем карбонизированные и имеют более плавный переход профиля на периферии контакта волокон и матрицы (рис. 2а). В то же время карбонизированные волокна в матрице проявляет большую регулярность профиля, приобретая в процессе износа сглаженную форму «плато» без разрушения (рис. 2б), за исключением скалывания кончиков. Таким образом, образец №2 характеризуется сглаживанием волокон без их расслаивания при трении.

Изучение торцевых срезов образцов показало, что после трибологических испытаний толщина деформированного приповерхностного слоя образца №1 примерно в два раза меньше, чем у образца №2. Это связано с большей пористостью последнего, и как следствия, более высокой глубиной проникновения кислорода в глубь образца.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 19-19-00548-П.

Список литературы:

- [1] Патент RU2510387C1. (2014).
- [2] Hyunkyuu Shin, Hong-Bum Lee, Kwang-Soo Kim, *Carbon*, **Volume 39**, Page 959-970 (2001).