

## **СЗМ и другие методы микроскопии в изучении поверхности неоднородных материалов**

Т.И. Муравьева<sup>1</sup>, О.О. Щербаклова<sup>1</sup>, Д.Л. Загорский<sup>1,2</sup>, Е.В. Торская<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН, 119526, Москва, Россия  
shcherbakovaoo@mail.ru*

<sup>2</sup> *ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, 119333, Москва, Россия*

Тонкие покрытия, состоящие из оксидов Al, Zr и Y, нанесенных на стальную подложку из нержавеющей стали, исследовались до и после триботехнических испытаний. Показано, что покрытия на основе диоксида циркония, стабилизированного иттрием, увеличивают ресурс работы материала.

## **Probe microscopy and another microscopy methods for investigation of the surface of non-homogeneous materials**

T.I. Muravyeva<sup>1</sup>, O.O. Shcherbakova<sup>1</sup>, D.L. Zagorskiy<sup>1,2</sup>, Torskaya E.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute for Problems in Mechanics of RAS, Moscow*

<sup>2</sup> *Centre of Crystallography and Photonics of RAS, Moscow*

Thin over layers (Al, Zr and Y oxides), deposited on stainless steel substrate, were investigated before and after the friction tests. It was shown that covering by zirconium oxide (stabilized by yttrium) leads to increase of operation life of composition.

Формирование и исследование различных плёнок и покрытий на поверхности материалов представляет огромный практический интерес. Во многих случаях такие покрытия специально формируются на поверхности и имеют определённые функциональные задачи. Так, нанесение износостойких антифрикционных покрытий является одним из эффективных способов улучшения рабочих характеристик и увеличения долговечности деталей и узлов трения.

Существует множество различных способов формирования таких покрытий - однако, в большинстве случаев они являются достаточно дорогостоящими, требуют специального оборудования и ограничены узкими рамками конкретных применений [1]. В последнее время появился ряд перспективных методик, к числу которых относится т.н. «карбоксилатный» метод - низкотемпературный способ термодеструкционного нанесения покрытий из специальных составов-композиций [2]. Однако и здесь остаётся целый ряд невыясненных вопросов. Какой способ формирования таких покрытий является оптимальным? Как эти покрытия влияют на свойства поверхности - защитные? фрикционные? упрочняющие? В настоящей работе предприняты попытки ответить на часть из этих вопросов - изучены полученные таким способом на поверхности стали плёнки различных составов.

Конкретной целью исследования являлось изучение морфологии и пространственной геометрии поверхности тонких пленок (толщиной 150 – 500 нм), состоящих из оксидов Al, Zr и Y, нанесенных на подложки из нержавеющей стали до и после испытаний на абразивную износостойкость. Для изучения поверхности образцов с оксидными покрытиями использовались оптический микроскоп (ОМ) «Neophot-2» и сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ) «SmartSPM™».

Пример полученных на оптическом микроскопе изображений поверхности различных плёнок представлен на Рисунке 1.

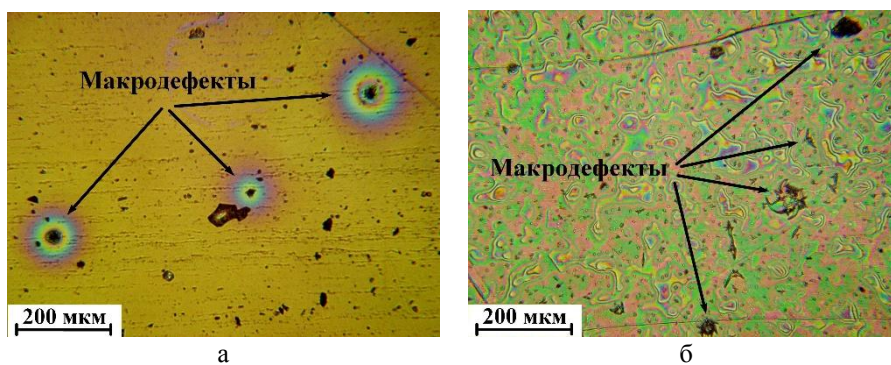


Рисунок 1. Поверхность образца: а - с покрытием Al (1 слой), б - с покрытием Zr–Y (3 слоя).

Из рисунка видно, что поверхность покрытия имеет структурные особенности, такие как макродефекты, которые обусловлены технологическими факторами нанесения покрытий. Дальнейшее исследование с целью определения параметров этих дефектов было проведено с использованием метода СЗМ. Пример полученных результатов приведены на Рисунке 2.

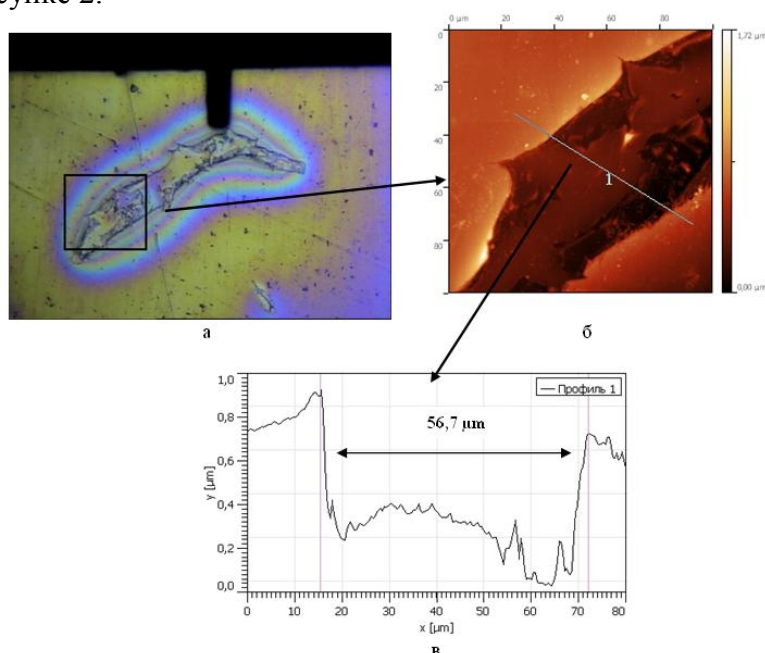


Рисунок 2. Дефект поверхности образца с покрытием Al (1 слой): а - общий вид, б – фрагмент поверхности, в – профиль дефекта.

СЗМ – исследования показали, что на микро и наноуровне также имеются дефекты в виде трещин, царапин, каверн и т.п. На рисунке 2 показан один из дефектов: ширина трещины достигает 60 мкм, глубина достигает 0,3 мкм. Вместе с тем было установлено, что наношероховатость поверхности покрытий всех исследуемых образцов имеет близкие значения  $R_a$  (среднее арифметическое отклонение профиля)- до 2 нм и  $R_{max}$  (максимальная высота неровностей) до 20 нм.

Поверхность образцов затем была изучена после триботехнических испытаний. Было установлено, что пленочное покрытие на основе диоксида алюминия в процессе трения стерлось с поверхности подложки - данное покрытие не повышает износостойкость. Покрытия же на основе диоксида циркония, стабилизированного иттрием, увеличивают ресурс работы материала. Причем если однослойное покрытие протерлось в локальной зоне, то покрытие, нанесенное в 3 слоя, полностью сохранилось на поверхности.

Работа проведена при поддержке гранта РФФИ 15-08-06298.

1. Р.В. Литвин *Порошковая металлургия*, №1-2, 133 (2008).
2. Е.В. Торская и др. *Трение и Износ*, **34**, №2, 129 (2013).