

## **Зондовая и электронная микроскопия поверхности антифрикционных алюминиевых сплавов**

О.О. Щербакова<sup>1</sup>, Т.И. Муравьева<sup>1</sup>, Д.Л. Загорский<sup>1,2</sup>

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

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

Работа посвящена изучению железосодержащих антифрикционных алюминиевых сплавов. Исследования проводили с использованием комплекса различных методов микроскопии, взаимно дополняющих друг друга. Были изучены образцы сплавов, как в исходном состоянии, так и после различных видов термообработки (ТО). Показано, что ТО приводит к существенным изменениям структуры сплавов.

## **Probe and electron microscopy of the surface of antifriction aluminium alloys**

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

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

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

The work is devoted to investigation of iron-containing aluminum antifrictional alloys. Mutually complementary different microscopy methods were used. Samples at the initial state and after the different types of heat-treatments were investigated. It was shown that some types of treatment lead to significant changing of the surface structure.

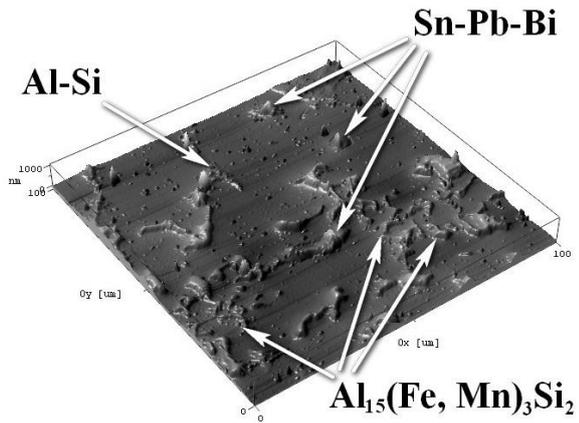
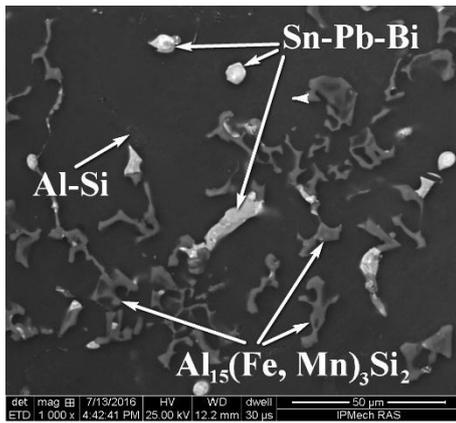
В машиностроении большое значение имеет подбор материалов, в частности, используемых в трущихся деталях. На смену традиционным материалам на основе бронзы приходят более дешевые и стойкие алюминиевые сплавы [1]. Однако, и их состав необходимо совершенствовать, в частности, уменьшая содержание дорогостоящих легирующих элементов. В то же время, добавление железа позволило бы использовать отходы собственного производства.

В данной работе были исследованы модельные сплавы на основе композиции Al–6%Sn–5%Si–4%Cu, с добавлением железа (около 1%), а также свинца и висмута. Сплавы отжигали при температуре 500°C, виды охлаждения были различными – закалка в воде, охлаждение на воздухе и охлаждение с печью.

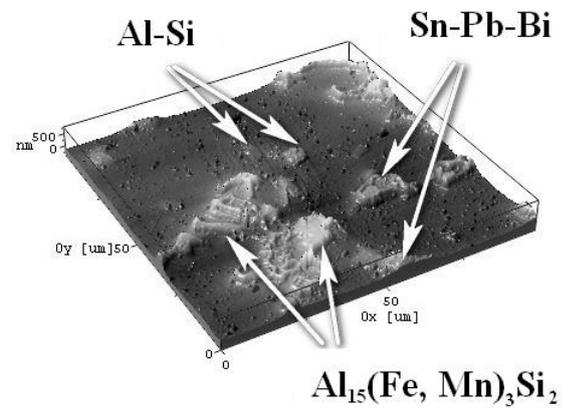
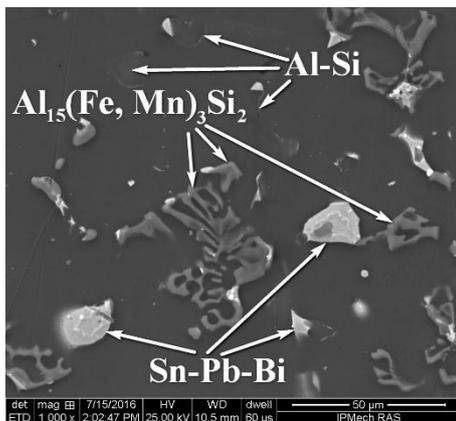
Микроскопия поверхности проводилась на СЭМ «Quanta-650» (ускоряющее напряжение до 30 кВ, с системой микроанализа EDAX) и на СЗМ «Smart SPM™» (тейпинг, резонансная частота 250 кГц, кантилевер fpN10 с радиусом кривизны острия 20 нм). Методы дополняли друг друга: СЗМ позволил визуализировать элементы, которые (из-за близости атомных номеров) трудноразличимы на СЭМ-изображениях, а также оценить пространственную геометрию отдельных фазовых составляющих [2].

Исследования показали, что характер изменения поверхности (по сравнению с литым состоянием) сходен для различных типов охлаждения, однако, наибольшие изменения структуры поверхности сплава наблюдались после закалки в воде. На Рис. 1 приведены СЭМ и СЗМ – изображения поверхности после этого вида термообработки.

Таким образом, показано, что после закалки в воде кремний концентрируется и сфероидизируется. Также обнаружена сфероидизация олова и уменьшение концентрации меди на поверхности, что связано с ее значительным растворением в алюминиевой матрице. Установлено появление фаз скелетообразной формы, в составе которых в больших количествах содержатся марганец, железо и кремний. Отметим, что при охлаждении на воздухе и с печью изменения носят тот же характер, однако выражены в меньшей степени.



Литой



Термообработанный (закалка в воде)

Рисунок. 1. Поверхность сплава на основе Al–6%Sn–5%Si–4%Cu с повышенным содержанием железа: слева - СЭМ-изображение, справа – СЗМ-3D – изображение.

Работа проведена при поддержке гранта РФФ 14-19-01033. Авторы благодарны Н.А.Белову (МИСиС) за предоставление образцов.

1. Б.Н. Арзамасов, Т.В. Соловьёва, С.А. Герасимов и др. *Справочник по конструкционным материалам*. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана Н.Э, 640 (2005).
2. О.О. Столярова, Т.И. Муравьева, Д.Л. Загорский, Н.А. Белов. *Физическая мезомеханика*. **19**, №5, 104-113 (2016) .