

УДК 546.62:538.971:621.785.6

И. И. Ташлыкова - Бушкевич¹, Ю. С. Яковенко, И. А. Бушкевич

ИЗУЧЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ СПЛАВОВ Al-Cr МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П.Бровки, 6, 220013 Минск, Беларусь
iya.itb@bsuir.by

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) как вид сканирующей зондовой микроскопии представляет собой многофункциональный инструмент для исследования морфологии поверхности и ее наноразмерных элементов. Универсальность метода АСМ, современного и высокоточного метода оценки качества поверхности изделий, достигается путем возможности наблюдения микроструктуры поверхности в естественных условиях эксплуатации: на воздухе и в жидкостях, а также метод АСМ является надежным инструментом для оценки шероховатости поверхности материалов, расширяя диапазон измерений до субнанометрового масштаба.

В данной работе методом АСМ при использовании программного пакета обработки данных Surface Explorer выполнено изучение морфологии поверхности быстрозатвердевших (БЗ) фольг термически стабильных сплавов Al-Cr, практическое применение которых связано с уникальным сочетанием физико-механических свойств алюминиевых материалов за счет образования аномально пересыщенных твердых растворов и формирования метастабильных фаз при высокоскоростной кристаллизации. Цель исследований – установить функциональные зависимости и закономерности между морфологией, смачиваемостью дистиллированной водой и композиционным составом поверхностей фольг Al и его бинарных сплавов, содержащих 1.0; 1.5; 3.0 ат. % Cr, полученных высокоскоростной кристаллизацией, рис. 1.

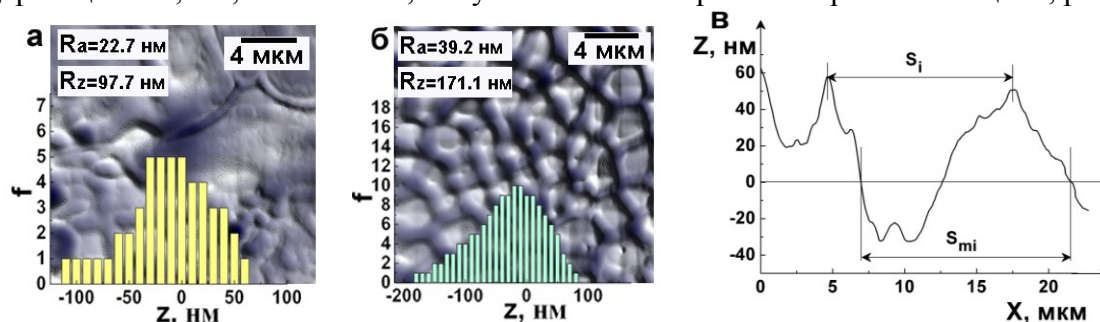


Рисунок 1. 2D АСМ-изображения (20×20 мкм²) с соответствующими гистограммами распределения высот структурных элементов рельефа поверхности А (а) и поверхности Б (б) БЗ фольги сплава Al-1.0 ат. % Cr и пример характерного профиля шероховатостей (в) поверхности А (а)

Параметры шероховатости поверхности БЗ фольг зависят от поверхности анализа и концентрации Cr в сплавах. Получено, что распределения высот глубин и впадин поверхностей А и Б обладают отрицательной асимметрией, за исключением БЗ фольг с концентрацией хрома 1.5 ат. %, при которой происходит выделение фазы Al₇Cr.

Ранее нами с целью неразрушающего контроля качества поверхности БЗ фольг систем Al-Cr был применен метод покоящейся капли и получены данные равновесных краевых углов смачивания (РКУС) поверхности образцов [1], которые по результатам эксперимента имели значения близкие к РКУС гидрофобного чистого алюминия. Согласно модели, предложенной в [2], гидрофобная поверхность образца на основе Al может быть получена путем изменения значений высоты H и ширины W пиков соседних пилообразных структур поверхности, в результате чего параметр H/W позволяет установить взаимосвязь между микрорельефом поверхности и объемом капли воды, проникающей в углубления поверхности. Учитывая аperiodичность структурных элементов морфологии поверхности БЗ фольг в наших опытах отношение H/W принимается эквивалентным отношению $k=R_z/S$, где R_z – высота неровностей профиля, S – среднее значение шага между выступами (рис.1 в).

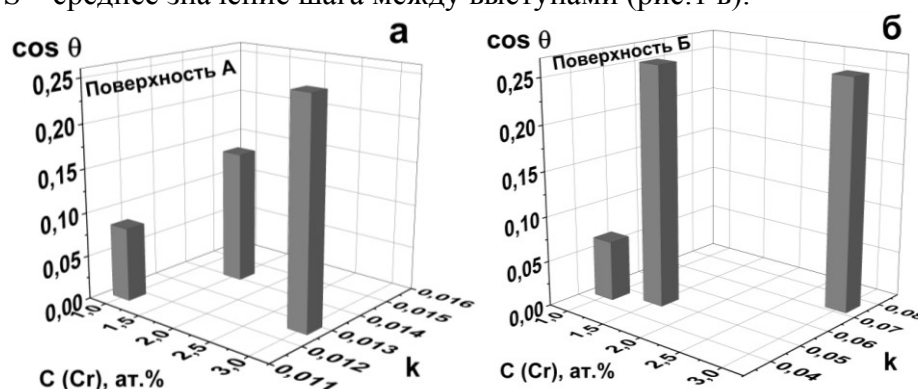


Рисунок 2. Зависимость тригонометрической функции \cos значения РКУС от отношения R_z/S и концентрации Cr для БЗ фольг сплавов Al-Cr

Как видно из рис. 2, для обеих поверхностей БЗ фольг сплавов Al-Cr увеличение значения коэффициента k приводит к росту $\cos\theta$ по сравнению с БЗ сплавом Al-1.0 ат.% Cr. В частности, для поверхности Б при изменении концентрации Cr от 1.0 ат. % до 1.5 ат. % обнаружено увеличение значения $\cos\theta$ в 4 раза, рис. 2 б. Отметим, что установленная зависимость РКУС от степени шероховатости поверхности образцов, характеризуемой коэффициентом k , свидетельствует о сохранении гомогенного режима смачивания фольг при легировании алюминия хромом.

Таким образом, предложенная методология определения параметров структуры поверхности на основе АСМ-изображений фольг сплавов алюминия позволяет выявить влияние неоднородности рельефа поверхности на смачивающие свойства поверхности материала. В частности коэффициент k , рассчитанный инструментами АСМ при анализе профилей шероховатости поверхности образцов, может служить индикатором степени гидрофильности/гидрофобности алюминиевых материалов, позволяя определить гомогенный/гетерогенный характер смачивания поверхностей водой.

[1] Tashlykova -Bushkevich, I. I. Effect of Cr on hydrophobicity of rapidly solidified Al / I. I. Tashlykova-Bushkevich, J. S. Yakavenka // Int. conf.:"Nanomeeting – 2017", Minsk, Belarus, 30 May-2 June 2017 / Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; edited by V.E. Borisenko, S.V. Gaponenko, V.S. Gurin, and C.H. Kam. – Minsk, 2017. – P. 449-452.

[2] Lu, B. Versatile aluminium alloy surface with various wettability / B. Lu, N. Li // Applied Surface Science. – Vol. 326. – 2015. – P. 168-173.