

Применение сканирующей зондовой микроскопии для определения кристаллографической ориентации зерен в поляризованном свете

С.В. Воронин, К.К. Чаплыгин, Д.И. Бараев

*Самарский университет, 443080, Самара, Российская Федерация
chapkostya96@mail.ru*

В работе исследована возможность применения методов сканирующей зондовой микроскопии для определения кристаллографической ориентации отдельных зерен. Данный подход реализован путем измерения модуля упругости отдельных зерен на сканирующем нанотвердомере «НаноСкан-3D» и сравнения их с литературными данными.

Application of scanning probe microscopy to determine the crystallographic orientation of grains in polarized light

S.V. Voronin, K.K. Chaplygin, D.I. Baraev

Samara University, 443080, Samara, Russian Federation

The possibility of applying scanning probe microscopy methods to determine the crystallographic orientation of individual grains is researched. This approach is realized by measuring the Young modulus of individual grains on a scanning nanoscale "NanoScan-3D" and comparing them with literature data.

В процессе окисления поверхности алюминиевых сплавов на зернах образуется оксидная пленка различной толщины. Это связано с различной кристаллографической ориентацией отдельных зерен. При наблюдении поверхности образца в поляризованном свете, наблюдается интерференционная картина, на которой преобладают отдельные цвета, зависящие от толщины оксидной пленки.

Известна зависимость между кристаллографической ориентацией зерна и его модулем упругости [1,2]. Определяя модуль упругости отдельных зерен в поляризованном свете, можно определить зависимость между цветом зерна и его кристаллографической ориентацией. Для исследования был выбран алюминиевый сплав АД1, так как он является однофазным, что исключает вероятность измерения модуля упругости упрочняющих фаз.

Для достижения поставленной цели необходимо было определить модуль упругости каждого отдельного зерна в области микроскопического размера.

Решить данную проблему можно с помощью сканирующего нанотвердомера «НаноСкан-3D». Данный прибор позволяет измерять модуль упругости отдельных зерен и включений методом сканирующей зондовой микроскопии [3].

Для этого на предварительно подготовленном образце проводилось сканирование участка размером 120x120 мкм, на котором определялся модуль упругости каждого отдельного зерна. Измерения проводились методом снятия кривых подвода индентора к поверхности образца (Рис. 1). Подвод индентора проводился от 4 до 9 раз в зависимости от размера зерна, с шагом от 5 до 8 мкм. Подвод осуществлялся в «шахматном» порядке.

Далее из полученных кривых исключались те кривые, характер которых не соответствовал общему массиву. Наличие данных кривых связано с внешними помехами и воздействием на прибор. По оставшимся кривым строился график зависимости модуля упругости от квадрата частоты колебания индентора при подводе к поверхности образца.

По результатам всех подводов индентора к одному зерну рассчитывалось среднее значение модуля упругости с учетом среднеквадратичной погрешности. В Таблице 1 приведены значения модуля упругости в соответствии с порядковым номером измерения. Также указано количество подводов индентора при данном измерении.

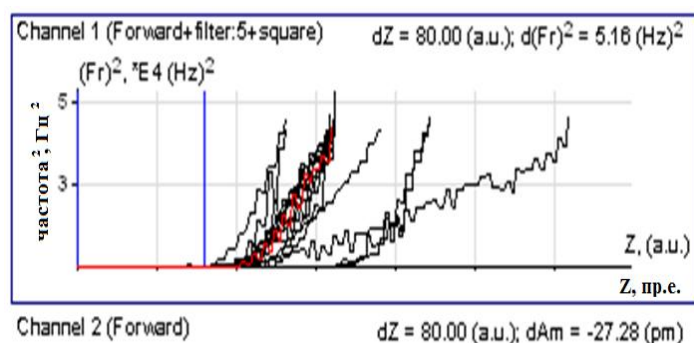


Рисунок 1. Кривые подвода индентора к поверхности образца.

Таблица 1. Полученные значения модуля упругости.

Порядковый номер измерения	Количество подводов индентора	Среднее значение модуля упругости, ГПа	Цвет зерна
1	9	52,38±0,97	синий
2	6	74,78±0,97	желтый
3	8	47,00±0,84	бледно-оранжевый
4	7	55,61±1,69	синий
5	4	46,76±0,59	синий
6	9	48,00±0,56	синий
7	9	57,54±3,59	бледно-оранжевый
8	4	78,63±0,99	желтый
9	9	69,23±1,17	желтый
10	5	60,99±1,96	бледно-оранжевый
11	6	63,13±1,60	бледно-оранжевый
12	7	64,34±1,46	бледно-оранжевый
13	5	55,31±0,93	бледно-оранжевый
14	6	62,75±0,82	бледно-оранжевый

В ходе исследования полученные значения модулей упругости сопоставлялись с цветом зерна, в котором данное значение было получено. Установлено, что зерна синего цвета имеют модуль упругости 46-55 ГПа, что соответствует кристаллографическому направлению [100], желтые зерна имеют модуль упругости 69-78 ГПа, соответствующее направлению [111]. Так же получено значение 55-64 ГПа для бледно-оранжевых зерен. Их кристаллографическое направление находится между синими и желтыми.

В результате проведенной работы разработан подход для определения кристаллографической ориентации отдельных зерен методом сканирующей зондовой микроскопии.

1. П.Г. Микляев, Я.Б. Фридман, *Анизотропия механических свойств металлов*, М: Металлургия, 12 (1986).
2. И.Х. Бадамшин, *От четырех к одному. Силы внутриатомного взаимодействия и прочность материалов*, М: Академия Естествознания, 14 (2016).
3. С.В. Воронин, К.К. Чаплыгин, А.Д. Литошина, *Сб. тез. XIV Всерос. с междунар. уч. школы-семинара по структурной макрокинетике для молодых учёных им. академика А.Г.Мержанова, ИСМАН*, 68 (2016).