Шепелевич В.Г., Гольцев М.В., Иванов А.А.
Разработка лабораторной работы «определение удельной поверхности границ зерен»

*Белорусский государственный университет
(Белоруссия)*

doi 10.18411/spc-04-05-2019-14

idsp sciencepublic-04-05-2019-14

Аннотация

Рассмотрены параметры зеренной структуры, методы ее выявления. Приведено описание инструкции лабораторной работы «Определение удельной поверхности границ зерен», в которой применяется метод случайных секущих и используется второе основное стереометрическое соотношение.

Ключевые слова: зерно, удельная поверхность границ зерен, случайные секущие.

Металлы в основном используются в поликристаллическом состоянии. Зеренная структура формируется в процессе кристаллизации, полиморфных превращений, пластической деформации, рекристаллизации и других воздействий. Неотъемлемой частью структуры поликристалла является не только зерно, но и его граница. Различают границы зерен в виде граней (стык двух зерен), ребер (стык трех зерен) и вершин (стык четырех граней). На границах зерен в виде граней сопрягаются два различно ориентированных зерна. Разориентировку соседних зерен можно описать как поворот одного зерна относительно другого на угол θ вокруг общей для обоих зерен кристаллографической оси $\vec{U}$, приводящего к совмещению их кристаллических решеток [1]. Различают границы наклона и кручения.

Важнейшими параметрами зеренной структуры являются средний размер зерен $\bar{D}$, распределение зерен по размеру, удельная поверхность границ зерен S (поверхность границ зерен в единице объема; размерность мм^{-1} или мкм^{-1}), длина ребер в единице объема поликристалла L (размерность L равна мм^{-2} или мкм^{-2}), двугранные углы между гранями зерен и др.

В русскоязычной литературе наиболее известны два издания [2,3], в которых подробно рассмотрены стереологические методы описания параметров микроструктуры. В настоящее время разработаны различные методики выявления зеренной структуры и определения их параметров. На современных микроскопах установлены приставки, которые позволяют не только проводить анализ шлифа, но и выполнять обработку полученных измерений и выдавать значения различных параметров. Необходимо однако учитывать, что студенты не могут быть допущены к работе с таким оборудованием (по правилам техники безопасности). Кроме того важно, чтобы исследователь, получив информации с помощью современного оборудования, мог правильно ее воспринять и оценить. Целесообразно студентов не только вооружить теоретическими знаниями о структуре металла, но и нужно привить им практические навыки и умения в ее исследовании. В связи с этим разработана лабораторная работа по определению удельной поверхности зеренных границ используя тренажер, являющийся увеличенным изображением зеренной структуры на сечении шлифа случайной плоскостью, метод случайных секущих линий и второе основное стереометрическое соотношение, согласно которому $S = 2m$ (m - число точек пересечений случайных секущих со следами граней зерен на шлифе на единицу длины случайной секущей линии) [2]. Выполнение работы рассчитано на 3 ч. Ниже приведен возможный вариант инструкции лабораторной работы «Определение удельной

поверхности межзеренных границ», который успешно апробирован в учебном процессе при подготовке студентов по специализации «Радиационное материаловедение» специальности «Ядерные физика и технологии».

Лабораторная работа

Определение удельной поверхности межзеренных границ

Цель работы. Освоить метод случайных секущих определения удельной поверхности межзеренных границ металла.

Оборудование. Тренажер, линейка, микрокалькулятор.

Описание тренажера для проведения количественного анализа зеренной структуры

Тренажер состоит из пластины (рисунок), моделирующей зеренную структуру шлифа металла при тысячекратном увеличении (т.е. 1 мм на тренажере соответствует 1 мкм на шлифе).

Рисунок. Тренажер для определения удельной поверхности границ зерен

Определение удельной поверхности границ зерен осуществляется методом случайных секущих. Случайные секущие, расположенные на изображении шлифа, пересекаются со следами границ зерен. Количество точек M , являясь пересечениями секущих и границами зерен, зависит от удельной поверхности границ зерен и числа секущих. Между средними величинами удельной поверхностью границ зерен S и числом точек (пересечений случайных секущих с границами зерен) на единице длины секущей m существует математическое соотношение:

$$S=2m.$$

Формула справедлива для секущих любой формы.

При определении удельной поверхности границ зерен проводится определение числа пересечений случайной секущей с границами зерен M_α . Тогда число всей пересечений $M = \sum_\alpha M_\alpha$ – число всех пересечений. Среднее число пересечений m на единицу длины секущей определяется выражением:

$$m = \frac{M}{\alpha L},$$

где суммирование ведется по всем секущим, число которых равно α , L – длина одной секущей.

Удельная поверхность рассчитывается по вышеприведенным соотношениям. При статистической обработке результатов использовать соотношения, приведенные в приложении.

Задание

1. На тренажере зеренной структуры металла с помощью метода случайных секущих удельную поверхность границ зерен. Число секущих $\alpha = 20$. Определите длину секущей. Рассчитайте M и m . Результаты измерений записать в таблицу.

Таблица

Результаты измерений при определении удельной поверхности границ зерен

Параметры	Номер секущей							
	1	2	3	4	...	18	19	20
Число точек M_α	15	18	21	14	...	21	8	6
m , мкм ⁻¹	...							

2. Рассчитать среднеквадратичное отклонение σ , дисперсию D , коэффициент вариации δ и абсолютную ошибку ε (нормированное отклонение $t = 1,65$, доверительная вероятность $P = 0,90$). При расчете использовать соотношения, приведенные в приложении.

Абсолютная ошибка ε определения удельной поверхности S границ зерен рассчитываются по формуле

$$\varepsilon = \frac{ktS}{\sqrt{M}},$$

где t – нормированное отклонение, M – общее число точек пересечений соответственно. При анализе структуры по всей площади шлифа можно считать $k = 1$. Нормированное отклонение принять $t = 1,65$, что соответствует доверительной вероятности $P = 0,90$.

Контрольные вопросы

1. Типы границ зерен.
2. Структура границ зерен.
3. Энергия межзеренных границ.
4. В каких единицах измеряется удельная поверхность границ зерен?
5. Определение удельной поверхности границ зерен.
6. Погрешность определения удельной поверхности границ зерен.

Литература

1. *Грабский, М. В.* Структура границ зерен в металлах / М.В. Грабский. М., 1972. С. 7–28.
2. *Кайбышев, О.А.* Границы зерен и свойства металлов / О.А. Кайбышев,
3. Р.З. Валиев. М., 1987. С. 7–33.
4. *Салтыков, С.А.* Стереометрическая металлография / С.А. Салтыков. М., 1976. С. 11–20, 65–70.
5. *Чернявский, К.С.* Стереология в металловедении / К.С. Чернявский. М., 1977. С. 128–134.
6. *Шепелевич, В.Г.* Физика металлов и металловедение. Лабораторный практикум / В.Г. Шепелевич. Минск, 2012. С. 10-14.

Таким образом, разработана лабораторная работа по определению удельной поверхности зеренных границ, использующая тренажер, являющийся увеличенным изображением зеренной структуры на сечении шлифа случайной плоскостью, метод случайных секущих линий и второе основное стереометрическое соотношение. Выполнение работы рассчитано на 4,5 академических часа. Лабораторная работа успешно апробирована в учебном процессе при подготовке студентов по специализации «Радиационное материаловедение» специальности «Ядерная физика и технологии» и может быть использована при подготовке студентов по другим родственным специальностям.

1. Кайбышев, О.А. Границы зерен и свойства металлов / О.А. Кайбышев, Р.З. Валиев. М., 1987. 214 с.
 2. Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография / С.А. Салтыков. М., 1976. 271 с.
 3. Чернявский, К.С. Стереология в металловедении / К.С. Чернявский. М., 1977. 280 с.
-