

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ В АЛЮМИНИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЕГО МИКРОТВЕРДОСТИ В СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Загуляев Д.В., Коновалов С.В., Комиссарова И.А., Мартусевич Е.А., Громов В.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет. Новокузнецк. Россия.
gromov@physics.sibsiu.ru

Цель работы состоит в исследовании характера изменения микротвердости алюминия с разным содержанием примесей при воздействии слабым магнитным полем.

В работе использовались образцы поликристаллического алюминия с разным содержанием Fe и Si, имеющие размеры $0,5 \times 2 \times 1$ см³. Массовое содержание Fe и Si в исследуемых образцах Al, полученное по результатам химического анализа, приведено в таблице 1. Образцы перед испытаниями отжигались при температуре 773 К в течение 2 часов с последующим охлаждением в печи.

Таблица 1. Содержание Fe и Si в исследуемых образцах Al

Марка Al	A0	A5	A0	A7	5N
Fe	0,5900	0,2600	0,1900	0,1255	0,0001
Si	0,1470	0,0690	0,3360	0,0593	0,0001

В качестве источника магнитного поля использовали электромагнит, имеющий возможность регулирования индукции магнитного поля. Геометрия магнитного поля во всех испытаниях оставалась постоянной. Индукция магнитного поля измерялась миллитесламетром с точностью до $1 \cdot 10^{-5}$ Тл и составляла 0,3 Тл. Измерения микротвердости проводились с помощью микротвердомера HVS-1000 для трех случаев: без воздействия магнитного поля, сразу после выдержки в магнитном поле и после определенных интервалов времени; при этом варьировалось время выдержки в магнитном поле. Значение микротвердости усреднялось не менее чем по 30 измерениям. Для части образцов обработку магнитным полем проводили многократно. Количественно эффект влияния магнитного поля характеризовался относительным изменением микротвердости.

В результате выполнения работы было установлено, что характер влияния магнитного поля, заключающийся в снижении микротвердости с последующим возвращением ее значения к исходному, сохраняется. Однако следует отметить, что для образцов Al с массовым содержанием Fe 0.59% восстановление микротвердости до исходных значений происходит немонокотно (с изменением знака эффекта при значении времени, прошедшего после обработки 2,5 часа).

Образец Al с массовым содержанием Fe 0,26 % подвергался троекратному воздействию магнитным полем в течение 2 часов. Время, прошедшее между экспозициями образца в магнитном поле, составляло 72 часа. После каждой выдержки в магнитном поле фиксировалась зависимость относительного изменения микротвердости от времени прошедшего после магнитной обработки.

Анализ зависимостей показывает, что каждая последующая обработка приводит к снижению начального эффекта влияния магнитного поля и времени необходимого для достижения микротвердости исходного значения. По полученным экспериментальным данным была построена зависимость начального относительного изменения микротвердости от числа обработок (n) магнитным полем, которая носит линейный характер. Установлено, что максимальный эффект влияния магнитное поле оказывает при первом воздействии.

Установлено, что зависимости относительного изменения микротвердости от времени, прошедшего после обработки магнитным полем Al с массовым содержанием Fe 0,19% и 0,1255% в течение 2 часов – неразличимы. Время необходимое для достижения микротвердости исходного значения составляет 1 час.

Исследования характера поведения микротвердости при действии магнитного поля на Al с массовым содержанием Fe 0,001 %, показали, что начальный эффект влияния составляет 5% и релаксирует за время порядка 5 часов.

К настоящему времени установлено, что магнитное поле способно влиять на состояние точечных дефектов, в том числе атомы внедрения и замещения. В данной связи были исследованы зависимости относительного изменения микротвердости от массового содержания Fe и Si в образцах Al, при времени обработки магнитным полем 2 часа и 0,25 часа.

Установлено, что зависимости относительного изменения микротвердости от массового содержания Fe и Si в образцах Al имеют экстремальный характер. Максимальное снижение значения микротвердости наблюдается при массовом содержании Fe 0,26% и Si 0,069%.

При уменьшении времени воздействия магнитным полем с 2 часов до 0,25 часа характер зависимостей относительного изменения микротвердости от массового содержания Fe и Si меняется. Таким образом, зависимость $\delta(\rho)$ для Si приобретает вид кривой с насыщением, которое наступает при массовом содержании Si 0,069%. При рассмотрении зависимости $\delta(\rho)$ для Fe, следует отметить, что в интервале значений 0,1255% ρ < 0,26% эффект магнитного воздействия незначителен и составляет 1%, что укладывается в погрешность измерения значений микротвердости. Дальнейшее увеличение массового содержания Fe приводит к линейному возрастанию эффекта.

Исследования влияния времени выдержки в магнитном поле на микротвердость алюминия с разным содержанием железа показали, что зависимости относительного изменения микротвердости от времени выдержки в магнитном поле имеют вид кривых с насыщением для образцов с массовым содержанием Fe 0,59%, 0,19%, 0,1255% и 0,0001%. Исключением является зависимость $\delta(\tau)$ при массовом содержании Fe 0,26%, которая носит линейный характер, начиная со значения времени выдержки в магнитном поле 0,25 часа. Следует отметить, что зависимости $\delta(\tau)$ для массового содержания Fe 0,59% и 0,19% неразличимы в пределах погрешности измерения, а насыщение наблюдается при времени выдержки 0,25%. Максимальный эффект влияния магнитного поля для различного времени выдержки в нем наблюдается на образцах Al с массовым содержанием Fe 0,001% и 0,26%.

Работа выполнялась при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 г.г.» (госконтракт 16.740.11.0314).