

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

И. Е. БОЛОТОВ и Ю. Д. КОЗМАНОВ

**АДСОРБЦИЯ ПРИМЕСЕЙ НА ГРАНИЦАХ БЛОКОВ
В АЛЮМИНИИ**

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 7 I 1954)

В работе приводятся факты, указывающие, по мнению авторов, на межблочную внутреннюю адсорбцию примесей в алюминии технической чистоты.

В качестве материала для опытов использовался алюминий чистоты 99,7 (технически чистый) и алюминий чистоты 99,99% (чистый). По данным химического анализа, алюминий технической чистоты содержал 0,15% Si, 0,05% Fe и 0,01% Mg, а чистый алюминий 0,01% Si, 0,0006% Fe и 0,007% Mg. Кроме того, спектральным анализом обнаружено в алюминии обоих сортов приблизительно одинаковое содержание меди (следы).

Монокристаллы алюминия для опытов выращивались рекристаллизацией после критической деформации.

Были проведены следующие опыты. Монокристаллы алюминия технической чистоты, изогнутые по цилиндрической поверхности радиуса 7 мм, отжигались при 640° в течение 5 час. и охлаждались на воздухе. Лауэграммы таким образом обработанных кристаллов указывают на то, что произошла полигонизация (1). Если полигонизованный кристалл подвергнуть дополнительному отжигу при более низкой температуре (лучше всего при 400° в течение 1 часа), а затем электролитически отполировать, то при рассмотрении в микроскоп видна хорошо выраженная макромозаичная структура (см. рис. 1 на вклейке к стр. 281).

Без этого дополнительного низкотемпературного отжига мозаичная структура не выявлялась (см. рис. 2).

Аналогичные опыты были проведены с монокристаллами, полученными из чистого (99,99%) алюминия. В этом случае металлографически мозаика не выявлялась (см. рис. 3), хотя лауэграмма указывала, что произошла полигонизация (см. рис. 4).

На основании этих опытов было сделано заключение, что выявляемость блоков мозаики в алюминии технической чистоты обусловлена наличием примесей. Весьма вероятно, что выявляемость блоков обусловлена присутствием либо кремния, либо железа, либо обеими примесями вместе, поскольку другие примеси (магний и медь) содержатся в обоих сортах алюминия приблизительно поровну.

Влияние дополнительного отжига на выявляемость блоков мозаики можно объяснить следующим образом. Объемная растворимость обеих примесей (Si и Fe), которые могут обусловить выявляемость блоков, с повышением температуры увеличивается, достигая максимума при 600—650°. В соответствии с существующими представлениями о свойствах межкристаллитных (межблочных) слоев, есть основания предпола-

гать⁽²⁾, что концентрация этих примесей в межблочных слоях также должна увеличиваться, достигая максимума в интервале 600—650°. При высокотемпературном отжиге происходит насыщение межблочных слоев горючей примесью, т. е. имеет место межблочная внутренняя адсорбция. Быстрое охлаждение (охлаждение на воздухе) фиксирует пересыщенный твердый раствор в межблочных прослойках. Дополнительный отжиг приводит к распаду пересыщенного твердого раствора. При электролитической полировке происходит протравливание границ блоков, и блоки выявляются.

В пользу предположенного механизма влияния примесей на выявляемость блоков говорят результаты следующих опытов.

1. Если полигонизованный кристалл, в котором металлографически выявлена мозаика, вновь отжечь при 640°, то после электролитической полировки блоки перестают выявляться.

Этот факт можно объяснить тем, что вследствие увеличения растворимости выпавшая фаза при отжиге переходит в раствор. Блоки вновь выявлялись, если кристалл подвергался дополнительному низкотемпературному отжигу.

2. Изогнутые обычным способом кристаллы отжигались 3 часа при 640°. Затем они охлаждались с печью до 600° (на 15 мин.), отжигались при этой температуре в течение 1 часа и охлаждались на воздухе. Лауэ-граммы, снятые с кристаллов, свидетельствуют о том, что произошла полигонизация. Однако после электролитической полировки блоки не выявляются. Если кристалл охлаждался быстро на воздухе после отжига при 640°, а затем отжигался при 600°, то блоки выявлялись.

Объяснение этой разницы заключается в том, что при медленном охлаждении кристалла с печью избыток примеси диффундирует в толщу блока. Поэтому при 600° распад в межблочных зонах уже не происходит, и блоки не выявляются.

3. Опыт, аналогичный предыдущему, только кристаллы охлаждались с печью до 550° (за 25 мин.). Тот же результат и то же объяснение.

4. Опыт, аналогичный двум предыдущим, только кристаллы охлаждались с печью до 450° (за 45 мин.). После электролитической полировки блоки выявляются.

Результат можно объяснить так. Вследствие понижения температуры уменьшается скорость диффузионных процессов. Удаление избытка примеси из межблочных слоев в интервале 550—450° не успевает произойти диффузионным путем, и они оказываются пересыщенными. После отжига при температуре 450° происходит распад пересыщенного твердого раствора, и блоки начинают выявляться.

5. Опыт, аналогичный предыдущему, только кристаллы охлаждались замедленно, со скоростью 20°/час. После электролитической полировки блоки не выявляются. Так как охлаждение происходило замедленно, то избыток примеси успевал продиффундировать в толщу блоков. Если эти кристаллы охлаждались от 450° на воздухе, а затем отжигались в течение часа при 300°, то блоки выявлялись.

6. Кристаллы после опытов 3 и 5 были отожджены при 450° в течение 3 час. Затем они были охлаждены на воздухе и отполированы. В результате на кристаллах из опыта 3 блоки выявились, а на кристаллах из опыта 5 перестали выявляться (до отжига было наоборот).

Этот результат объясняется следующим образом. Кристаллы из опыта 3 имеют в межблочных слоях концентрацию примеси, соответствующую объемной растворимости примеси при 550°. При 450° объемная растворимость меньше, и поэтому межблочные слои оказываются пересыщенными. После отжига при 450° происходит распад пересыщенного твердого раствора в межблочных слоях, и блоки начинают выявляться. Кристаллы из опыта 5 до того, как в межблочных слоях произошел распад при 300°, имели в межблочных слоях концентрацию

примесей, соответствующую объемной растворимости при 450°. Если кристалл снова отжигать при 450°, то выпавшая фаза полностью растворится в межблочных слоях. В результате блоки перестанут выявляться.

В заключение авторы выражают благодарность проф. В. И. Архарову за ценные указания при обсуждении этой работы.

Уральский государственный университет
им. А. М. Горького
Свердловск

Поступило
16 XI 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. W. Cahp, J. Inst. Met., 79, No. 3, 129 (1949). ² В. И. Архаров, Тр. ИФМ УФМ, в. 8, 54 (1946).