

## ПРОЦЕСС ВОЗВРАТА ПРИ ПЕРВИЧНОЙ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ АЛЮМИНИЯ

Т. Д. Чернышова, В. В. Чернышёв

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 14.10.2008 г.

**Аннотация.** Были изучены процессы возврата деформированного алюминия (99,992) путем измерения микротвердости. Микроструктура алюминия исследовалась металлографически. Найдено, что возврат имеет место не только в деформированной, но и в рекристаллизованной части при первичной рекристаллизации.

**Ключевые слова:** рекристаллизация, возврат, алюминий.

**Abstract.** In the work relaxation processes were studied under static anneal of deformed aluminium (99,992) by the change of microhardness. Microstructure of aluminium was studied using metallography.

It was found that relaxation takes place not only in deformed but also in recrystallized part in the grains appeared under primary recrystallization.

**Key words:** relaxation, recrystallization, aluminium.

Известно, что в процессе первичной рекристаллизации металлов происходит разупрочнение в нерекристаллизованной части. Исследования, проведенные в работе [1], показали, что возврат механических свойств обнаруживается также и в рекристаллизованных зернах.

Протекание процесса возврата должно оказывать значительное влияние на рекристаллизацию, т.е. на формирование структуры материала; отсюда вытекает важность изучения возврата.

В данной работе исследовался алюминий с содержанием основного металла в 99,992 %. Фольга получалась путем прокатки ленты, степень деформации — 99 %. Измерялось изменение микротвердости ( $H$ ) в зависимости от времени отжига на ПМТ-3.

Кратковременные отжижки проводились в смеси солей  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{KNO}_2$ . Появление рекристаллизованных зерен на фоне деформированной матрицы наблюдалось металлографически на МИМ-8М.

Первые зародыши рекристаллизации были обнаружены при отжиге в течение 5—10 с при 230 °С и составляли 2—3 % от всей матрицы.

Зависимость  $H$  от времени изучалась в диапазоне от 230 до 350 °С.

Начальное значение  $H_0$  (т.е. значение  $H$  для неотожженного образца) составляло  $(39,6 \pm 0,3)$  кг/мм<sup>2</sup>.

На рис. 1 показана зависимость  $H(t)$  как для деформированной, так и для рекристаллизован-

ной частей матрицы. Наличие уменьшения  $H$  свидетельствует о том, что процесс возврата происходит и в рекристаллизованных зернах.

Резкий спад  $H$  в деформированной части происходит в первые секунды отжига, более плавный спад — в рекристаллизованных зернах. Степень разупрочнения считалась как  $\Delta = \frac{H_0 - H_t}{H_0} \cdot 100\%$  и составляла для рекрис-

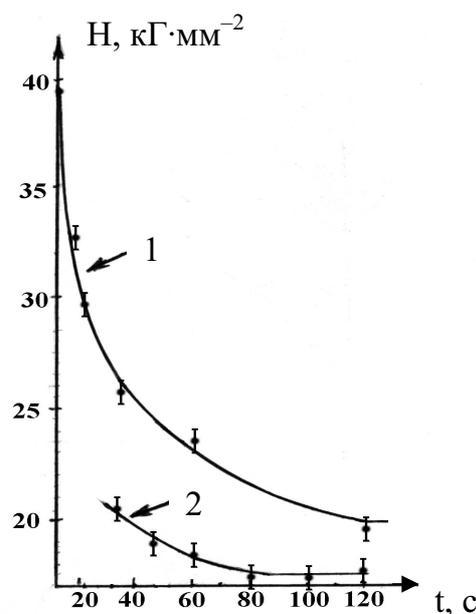


Рис. 1. Зависимость микротвердости от времени отжига при 350 °С: 1 — в рекристаллизованной части, 2 — в деформированной части

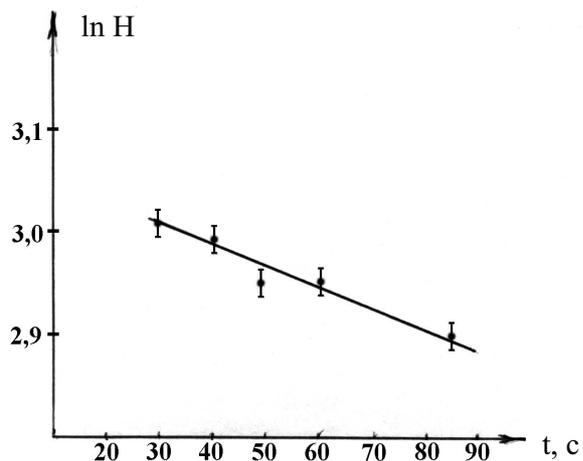


Рис. 2. Зависимость  $\ln H$  от времени отжига при 350 °С для рекристаллизованной части

таллизованной части  $\approx 30\%$  при отжиге 350 °С, 30 с, при 230 °С такое же разупрочнение происходило за 120 с.

Подобный результат был получен в менее чистом алюминии (99,95 %) с той только разницей, что достигался он за более продолжительное время.

Через 180 с при 350 °С процесс рекристаллизации завершался, а спад  $H$  наблюдался только в течение 120 с; при отжиге от 120 с до 300 с  $H$  не менялось. Линейный характер зависимости  $\ln H$  от  $t$  (см. рис. 2) наблюдался в течение только первых 80 с отжига, что скорее всего свидетельствует о перераспределении в этот период точечных дефектов.

Можно предположить, что отклонение от этой зависимости при  $t > 80$  с связано с другими процессами, например, процессом скольжения и аннигиляции дислокаций.

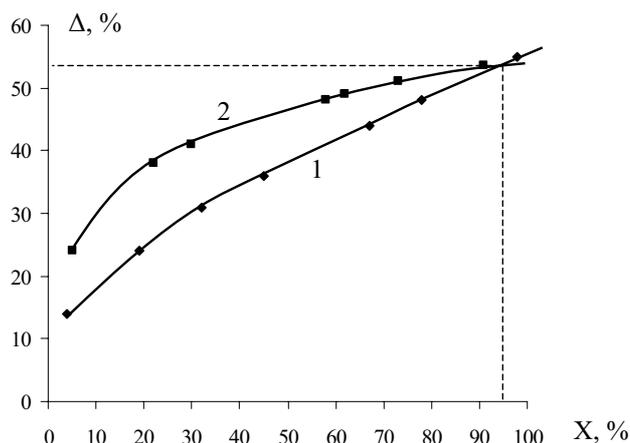


Рис. 3. Зависимость степени разупрочнения  $\Delta$  от доли рекристаллизованной площади  $X$ : 1 — 230 °С; 2 — 350 °С

В работе исследовалась также зависимость степени разупрочнения  $\Delta$  деформированной матрицы от доли  $X$  рекристаллизованной ее части при первичной рекристаллизации. Результаты этой зависимости показаны на рис. 3 (для 230 и 350 °С).

Максимальное разупрочнение в 54 % соответствовало доле  $X = 95\%$  (см. точку пересечения кривых на рис. 3). Эту точку можно принять за конец процесса первичной рекристаллизации.

Таким образом, изучая процессы возврата и рекристаллизации, необходимо учитывать тот факт, что процесс возврата наблюдается не только в деформированной части, но и в рекристаллизованных зернах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kaspar R. // Kovove materialy, 1973. Т. II. — С. 6.

**Чернышова Тамара Даниловна** — канд. ф.-м. наук, доцент кафедры общей физики физического факультета ВГУ. Тел. 208-281. E-mail: kof134@phys.vsu.ru

**Чернышев Вадим Викторович**, доктор ф.-м. наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики физического факультета ВГУ. Тел. 208-281. E-mail: kof134@phys.vsu.ru

**Chernyshova Tamara D.** — candidate of physico-mathematical science, reader of chair of general physics, physical faculty of Voronezh State University; tel.: 208-281. E-mail: kof134@phys.vsu.ru

**Chernyshov Vadim V.** — doctor of physico-mathematical science, head of general physics, physical faculty of Voronezh State University; tel.: 208-281. E-mail: kof134@phys.vsu.ru