

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ

Р. П. АКОПЯН, Ю. С. ТЕРМИНАСОВ

Рентгенографически изучены фрагментация блоков мозаики и развитие микроискажений при двух видах испытаний на ползучесть разнородных алюминиевых фольг. Делается предположение, что изменение субструктурных параметров при ползучести более чувствительно к приложенной нагрузке, чем к исходной структуре.

Субструктурные изменения, происходящие при ползучести металлов, подробно изучены посредством рентгенографических методов многими исследователями [1—4]. Однако анализ работ последних лет [5—11] показывает, что полного представления о характере развития субструктуры в процессе ползучести до сих пор нет. Кроме того, считается, что наилучшим методом определения реологических зависимостей являются испытания с постоянной нагрузкой или с постоянной долговечностью образцов [12]. При этом отсутствуют работы, охватывающие оба вида испытаний при различных исходных структурах.

Поэтому представляло интерес выяснить влияние различной зернистости исходных отожженных образцов на развитие субструктуры (фрагментацию кристаллических блоков и развитие микроискажений кристаллической решетки) в процессе высокотемпературной ползучести алюминия при двух указанных видах испытаний.

Материал и методика эксперимента

Образцы (99,99% Al) в форме двойной лопатки с размерами $70 \times 10 \times 0,2$ мм³ изготовлялись серийно (по 80—100 шт.) и отжигались в вакууме порядка 10^{-3} мм рт. ст. при 300, 400, 500 и 600°C в течение 2, 3, 4 и 5 часов соответственно. В результате подобных отжигов были получены структуры с размерами зерен 30, 50, 70 и 90 мк. Размеры зерен определялись с помощью металлмикроскопа как среднее значение на основе 1000 зерен для каждого образца. Растяжение образцов осуществлялось на специально сконструированной нами установке [13] при постоянной нагрузке (3, 8 кг при изменении времени разрушения от 10 мин до 9 ч), при постоянном времени до разрушения (30 мин при изменении нагрузки от 3,3 до 5,5 кг).

Для определения характеристик мозаичной структуры (размеров блоков и микроискажений) в алюминии, подвергнутом растяжению при температуре 300°C, производилось его рентгенографирование при помощи дифрактометра УРС-50 ИМ. Съемка велась в фильтрованном медном излучении при следующем режиме работы трубки БСБ-6: напряжение — 35 кВ, ток — 2 ма для линии (200) и 5 ма для линии (400).

Величины кристаллических блоков и микроискажений определялись путем анализа физических уширений рентгеновских интерференционных линий (200) и (400). Физические уширения находились по экспериментальным значениям ширины интерференционных линий стандарта и образца, исправленных на дублетность K_2 -серии [14].

Разделение эффектов II рода по паре линий (200)—(400) производилось с помощью аппроксимирующих функций в форме Гаусса и Коши. Значения субструктурных характеристик, полученные аналитически для этих граничных функций, усреднялись.

Для определения достигнутого упрочнения измерялась микротвердость образцов на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индентор в 20 г по результатам 40 измерений. Время выдержки индентора — 15 сек.

Результаты эксперимента

На рис. 1—4 представлены зависимости размеров блоков мозаики и микроискажений от степени деформации при двух видах испытаний на ползучесть поликристаллического алюминия. При этом рис. 1 и 2 соответствуют первому виду испытания, а рис. 3 и 4 — второму виду испытания. Видно, что характер фрагментации кристаллических блоков и развития микроискажений в процессе ползучести алюминия принципно

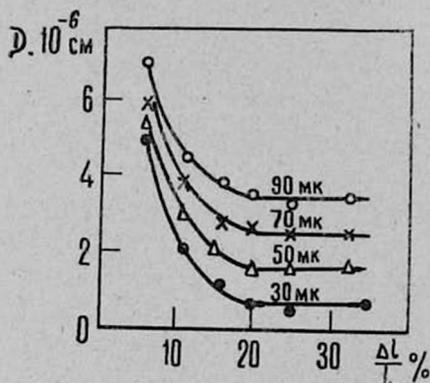


Рис. 1. Зависимости величины D от деформации при постоянной нагрузке.

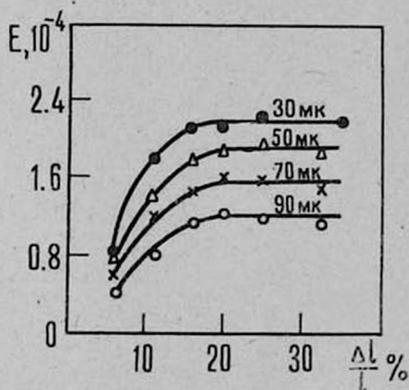


Рис. 2. Зависимости величины E от деформации при постоянной нагрузке.

пиально одинаков для образцов, имеющих различную исходную величину зерен. Существенное дробление кристаллических блоков и развитие микроискажений в них наблюдается на начальных стадиях деформации (до 12%). Дальнейшее же деформирование (до 16%) сопровождается незначительным развитием параметров мозаичной структуры.

Растяжение в пределах 16—36% вызывает стабилизацию параметров структуры. Для образцов с различной исходной зернистостью наблюдаются лишь качественные различия. Например, для образцов, имеющих размер зерен 90 мк (рис. 1, 2), растяжение алюминия на 20% приводит к дроблению блоков от $7 \cdot 10^{-6}$ см (после мгновенной дефор-

мации $\sim 7\%$) до $3,5 \cdot 10^{-6}$ см и развитию микроискажения от $0,4 \cdot 10^{-4}$ до уровня $1,4 \cdot 10^{-4}$. Для образцов же с размерами зерен 30 мк растяжение алюминия на 20% приводит к дроблению блоков от $4,4 \cdot 10^{-6}$ см (после мгновенной деформации $\sim 7\%$) до $0,7 \cdot 10^{-6}$ см и развитию микроискажения от $0,8 \cdot 10^{-6}$ до $2,2 \cdot 10^{-4}$.

При испытаниях с постоянной нагрузкой с уменьшением размеров зерен усиливаются процессы фрагментации блоков мозаики и роста микроискажений в них, достигая величин $1,1 \cdot 10^{-6}$ см и $2,4 \cdot 10^{-4}$ соответственно.

Переход от первого вида испытания ко второму, т. е. к испытанию с постоянной скоростью ползучести, приводит к обратным зависимостям субструктурных характеристик от величины зерна: с уменьшением размеров зерен процессы фрагментации блоков мозаики и роста микроискажений в них протекают слабее. Для более мелких зерен кристаллические блоки уменьшаются до $3 \cdot 10^{-6}$ см, а микроискажения достигают величины $1,6 \cdot 10^{-4}$.

При одинаковых напряжениях и температурах, согласно [15], в мелкозернистом материале развитие субструктуры при деформации должно происходить легче, чем в крупнозернистом, что и наблюдается при первом виде испытания (рис. 1, 2). Но большая фрагментация блоков в образцах с более крупными зёрнами по сравнению с мелкозернистыми при втором виде испытания (рис. 3, 4), позволяет предполагать,

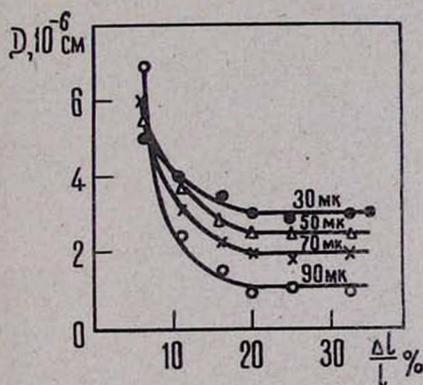


Рис. 3. Зависимости величины D от деформации при постоянном времени до разрушения.

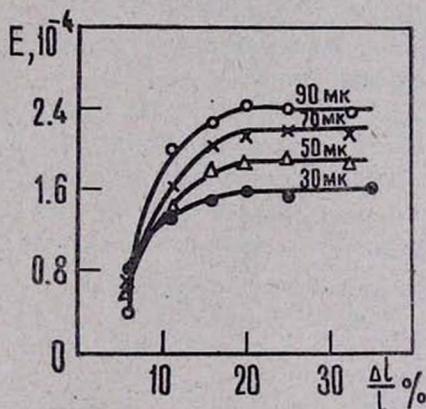


Рис. 4. Зависимости величины E от деформации при постоянном времени до разрушения.

что развитие субструктуры при высокотемпературной ползучести более чувствительно к напряжению, чем к исходной структуре. Данные по исследованию микротвердости (рис. 5, 6) подтверждают это предположение.

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами других авторов [5, 11] по растяжению поликристаллического никеля при разных температурах.

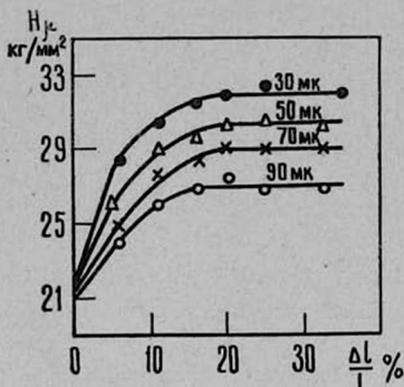


Рис. 5. Зависимости величины H_M от деформации при постоянной нагрузке.

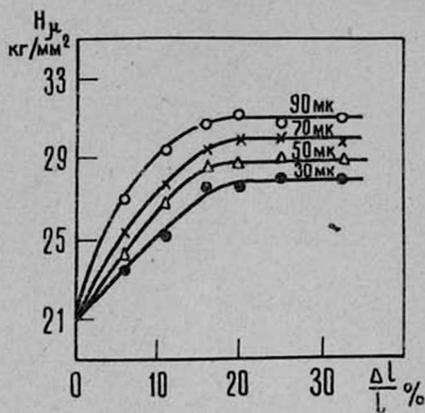


Рис. 6. Зависимости величины H_M от степени деформации при постоянном времени до разрушения.

Выводы

I. При высокотемпературной ползучести алюминия наблюдаются незначительная фрагментация кристаллических блоков и небольшой рост микроискажений.

II. Установлено, что при высокотемпературной ползучести алюминия фрагментация блоков и развитие микроискажений, наблюдаемые в основном на начальных стадиях деформации, не очень чувствительны к величине зерна в исходных образцах.

III. Наблюдается общий характер зависимости размеров кристаллических блоков и микроискажений от степени деформации. При 16% деформации получают структуры с самыми мелкими блоками и максимальными микроискажениями. Дальнейшее растяжение алюминия сопровождается стабилизацией этих величин.

Куйбышевский политехнический институт
им. В. В. Куйбышева

Поступила 5 V.1971

ЛИТЕРАТУРА

1. W. A. Wood, W. A. Rachinger. J. Inst. Metals, 75, 693 (1949).
2. J. S. Servi, N. J. Grant. AIME, 191, 917 (1951).
3. O. D. Sherby, J. E. Goldberg, J. E. Dorn. ASM, 46, 681 (1954).
4. J. Weertman, P. Shahinian. Trans. AIME, 206, 1223 (1956).
5. Г. Я. Козырский, В. А. Коенко, П. Н. Окинец. Сб. Вопросы физики металлов и металловедения, Киев, 1959, стр. 3.
6. Г. Я. Козырский, Г. Я. Петрунин. Сб. Вопросы физики металлов и металловедения, 1962, стр. 14.
7. С. М. Журков, В. И. Бетехтин, А. И. Петров, А. И. Слуцкер. ФММ, 18, 270 (1964).
8. С. М. Журков, В. И. Бетехтин, А. И. Петров. ФММ, 23, 6 (1967).
9. М. М. Мышляев. ФТТ, 7, 591 (1965).
10. В. А. Павлов, В. И. Шалаев, В. Т. Шматов. ФММ, 22, 598 (1966).

11. М. И. Бабичева, М. Д. Терминасова, Л. В. Тузов. Изв. вузов, Физика, 2, 51 (1967).
12. P. J. Gray. J. Appl. Phys., 39, 5754 (1968).
13. Р. П. Акопян, Ю. С. Терминасов. Заводская лаборатория, 37, 1399 (1971).
14. Рентгенография в физическом металловедении. Под ред. Ю. А. Багарацкого, Металлургиздат, 1961.
15. В. М. Розенберг. Ползучесть металлов, Изд. Металлургия, 1967.

**ԱԼՅՈՒՄԻՆԻՈՒՄԻ ՆՈՒՐԲ ԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍՈՂՔԻ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ
ՌԵՆՏԳԵՆԱԳՐԱՑԻԿ ԵՂԱՆԱԿՈՎ
Ռ. Փ. ՀԱԿՈՐՅԱՆ, ՅՈՒ. Ս. ՏԵՐՄԻՆԱՍՈՎ**

Ռենտգենագրաֆիկ եղանակով ուսումնասիրված է ալյումինիումի բազմաբյուրեղում տեղի ունեցող բլոկների մանրացումը և նրանցում առաջացող միկրոխանգարումները:

Ենթադրվում է, որ սուբստրուկտուրային պարամետրերի փոփոխությունը սողքի ժամանակ ավելի զգալուն է կիրառվող ուժի նկատմամբ, քան սկզբնական բյուրեղիկների մեծության նկատմամբ:

**X-RADIOGRAPHICAL STUDY OF THIN CRYSTAL
STRUCTURE AT ALUMINIUM CREEPAGE**

R. P. AKOPIAN, Yu. A. TERMINASOV

X-radiographical study of aluminium foil mosaic block fragmentation and micro-distortion development at two types of creepage tests is carried out, the variation of substructure parameters of the creepage being assumed sensitive to the load applied rather than to crystal structure.