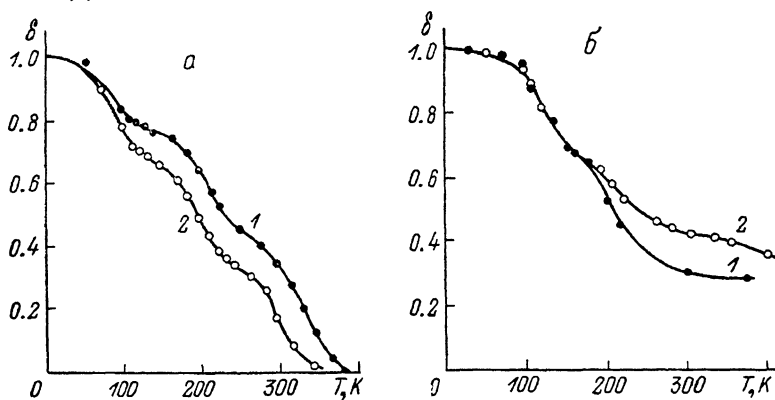


ВЛИЯНИЕ ВИДА ДЕФОРМАЦИИ НА ВОЗВРАТ
ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ В Al И Ag

А. А. Завгородний, В. В. Козинец

Согласно существующим представлениям [1, 2], при знакопеременном нагружении в отличие от однонаправленного винтовые дислокации играют определяющую роль в процессе пластического течения. Особенностью дислокаций винтовой ориентации является их способность к поперечному скольжению, которая, однако, в случае низкой энергии дефекта упаковки (сильно расщепленные дислокации) не может реализоваться. Среди чистых металлов с ГЦК решеткой Al и Ag максимально различаются по ЭДУ (160 и 22 мДж/м² соответственно) [3]. Следует ожидать, что сопоставление



Зависимости относительной величины избыточного электросопротивления от температуры изохронного отжига для образцов Al (а) и Ag (б), подвергнутых циклической (1) и однонаправленной (2) деформации при 4.2 К.

результатов изучения дефектов кристаллической решетки в Al и Ag при однонаправленном и циклическом усталостном нагружении даст полезную информацию о механизме пластической деформации металлов, влиянии энергии дефекта упаковки на дефектообразование и спектр дефектов кристаллической решетки. Настоящая работа посвящена изучению точечных дефектов в металлах, деформированных при гелиевых температурах.

Исследовали поликристаллические Al ($RRR=15\,000$) и Ag ($RRR=200$). Образцы в течение 2 ч отжигали в вакууме 10^{-4} Па при 1000 К (Ag) и на воздухе при 700 К (Al). Деформирование проводили при 4.2 К. Частота циклирования 1.5 Гц. Для измерения электросопротивления образцы изолировали от зажимов испытательной машины. Погрешность измерения сопротивления не более 3%. О концентрации дефектов кристаллической решетки судили по величине $\Delta\rho = \rho - \rho_0$, где ρ , ρ_0 — остаточные удельные сопротивления деформированного и отожженного образцов соответственно. Низкотемпературный отжиг деформированных образцов производили над поверхностью жидкого гелия с помощью нагревателя. Время отжига во всех случаях составляло 15 мин, точность поддержания температуры ± 0.3 К. После каждого отжига для измерения электросопротивления образца в криостат повторно заливали жидкий гелий.

Для изучения закономерностей возврата электросопротивления образцы предварительно деформировали при 4.2 К разными способами: знакопеременным кручением на несколько тысяч циклов, растяжением или однонаправленным кручением. Условия деформирования — амплитуду и число циклов, удлинение при растяжении или сдвиг при закручи-

вании — подбирали такими, чтобы при разных способах деформирования величина прироста остаточного сопротивления в каждом металле была одинаковой — 0.34 нОм·м в Al и 0.72 нОм·м в Ag.

На рисунке приведены данные о возврате электросопротивления при изохронном отжиге деформированных образцов в виде зависимостей от температуры отжига относительного изменения остаточного сопротивления $\delta = \Delta\rho_T / \Delta\rho$, где $\Delta\rho_T$ — часть сопротивления, оставшаяся после отжига деформированного образца при температуре T . По экспериментальным точкам возврата электросопротивления плавную кривую восстанавливали при помощи интерполяции методом кубических сплайнов на ЭВМ по усовершенствованной авторами программе из [4]. Как для Al, так и для Ag зависимости $\delta(T)$ для образцов, предварительно деформированных растяжением и однонаправленным кручением, практически совпадают. Поэтому на рисунке приведены только кривые возврата образцов, деформированных растяжением и циклическим кручением.

Как известно, первые три стадии возврата связывают с уходом на стоки или аннигиляцией точечных дефектов [5]. Из рисунка, *a, б* видно, что кинетика отжига металлов, деформированных циклически (1) и путем растяжения (2), качественно одинакова. Более того, положения максимумов производной, определенных путем дифференцирования δ по температуре, и завершение ухода всех точечных дефектов для данной величины $\Delta\rho$ не зависят от способа деформирования и совпадают с ранее полученными значениями [6, 7]. Однако, как видно из этого рисунка, величина возврата, обусловленная уходом точечных дефектов, зависит от вида деформации. В Al относительный возврат электросопротивления после циклической деформации меньше, чем после растяжения и однонаправленного кручения. В противоположность алюминию в циклически деформированном серебре величина возврата электросопротивления δ , связанная с уходом точечных дефектов, больше, чем после однонаправленной деформации. Различие в кривых возврата, как видно из рисунка, *б*, имеет место в основном на III стадии (160—300 К), где преимущественно отжигаются одиночные вакансии [5].

Таким образом, в работе показано, что в обоих изученных металлах количество точечных дефектов, образующихся в процессе низкотемпературной пластической деформации, зависит от того, является ли деформация циклической или однонаправленной. По сравнению с однонаправленной при циклической деформации в Al образуется меньше точечных дефектов, а в Ag — больше. Это различие, по-видимому, можно отнести к разной энергии дефекта упаковки в этих металлах, так как в процессе образования точечных дефектов при циклической деформации определяющую роль играют винтовые дислокации.

Л и т е р а т у р а

- [1] Essmann V., Mughrabi H. // *Phil. Mag. A.* 1979. V. 70. N 6. P. 731—756.
- [2] Lepistö T., Kettunen P. / *Scr. Met.* 1982. V. 16. N 10. P. 1145—1148.
- [3] Орлов А. Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах. М., 1983. 144 с.
- [4] Форсайт Дж., Малькольм М., Мулдер К. Машинные методы математических вычислений. М., 1980. 279 с.
- [5] Дамаск А., Динс Дж. Точечные дефекты в металлах. М., 1966. 291 с.
- [6] Козинец В. В. // *ФММ.* 1982. Т. 53. № 5. С. 981—983.
- [7] Козинец В. В., Филипс А. Х., Годин М. Л. // *Металлофизика.* 1980. Т. 2. № 4. С. 59—62.

Харьковский
государственный университет
им. А. М. Горького
Харьков

Поступило в Редакцию
18 октября 1988 г.