

Л. Е. ПОПОВ, И. В. ТЕРЕШКО

О ДИСЛОКАЦИОННЫХ БАРЬЕРАХ ПРИ КУБИЧЕСКОМ СКОЛЬЖЕНИИ В СВЕРХСТРУКТУРЕ $L1_2$

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 30 VI 1970)

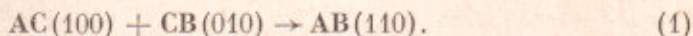
Реакции между сверхдислокациями в сверхструктуре $L1_2$ детально рассмотрены Б. А. Гринберг (¹). Однако в работе (¹) рассмотрение ограничивается сверхдислокациями, скользящими в плоскостях октаэдра. Между тем, в сплавах со сверхструктурой $L1_2$, обладающих слабым кристаллографическим расщеплением сверхчастичных дислокаций, может иметь место также скольжение в плоскостях куба. О кубическом скольжении в сплаве Cu_3Au свидетельствует появление многочисленных сверхдислокаций, связанных антифазными границами, ориентированными по плоскостям куба (²⁻⁴), а также обнаруженное рентгеновскими методами возрастание плотности границ кубической ориентации со степенью деформации (⁵). На монокристаллах сплава Ni с 14,8 вес. % Al следы кубического скольжения были обнаружены металлографически при температурах деформации выше 700° (⁶). Наконец, на сплаве Ni_3Al близкого к стехиометрическому составу скольжение по плоскостям куба наблюдалось при всех степенях деформации уже при комнатной температуре (⁷).

Из-за отсутствия кристаллографической расщепленности дислокаций в кубических системах при взаимодействии дислокаций различных систем скольжения возможны дислокационные реакции между двумя нерасщепленными дислокациями (при одновременном действии двух кубических систем скольжения) и между расщепленной и нерасщепленной дислокациями (в случае скольжения по октаэдрической и кубической системам). Ниже рассматривается возможность возникновения в сплавах со сверхструктурой $L1_2$ дислокационных барьеров в результате таких реакций.

Рассмотрим тетраэдр Томсона для ГЦК-решетки. Как обычно, для граней тетраэдра, противолежащих вершинам A, B, C и D , примем обозначения a, b, c и d , а для центров тяжести этих граней α, β, γ и δ соответственно. Для плоскостей неоктаэдрического скольжения будем пользоваться индексами Миллера.

Рассмотрим взаимодействие дислокации с вектором Бюргерса AC и плоскостью скольжения (100) с дислокациями различных плоскостей скольжения.

1. Реакции между дислокациями кубических плоскостей скольжения. Между нерасщепленными дислокациями, скользящими в плоскостях куба, возможны реакции типа



Комбинированная дислокация представляет собой краевую дислокацию, расположенную вдоль линии $[001]$; ее плоскостью скольжения является плоскость (110) . Такая дислокация является эффективным барьером до достижения напряжения в плоскости (110)

$$\tau = \gamma_{(110)} / b, \quad (2)$$

при котором она может скользить с образованием антифазной границы. В (2) $\gamma_{(hkl)}$ — поверхностная энергия антифазной границы, создаваемой при скольжении дислокации в плоскости (hkl) , b — модуль вектора Бюргера сверхчастичной дислокации.

В сплавах с высокой температурой (T_h) превращения порядок — беспорядок (например, Ni_3Al , Ir_3Cr) энергия антифазной границы в плоскостях куба значительна ($20-25 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2}$ в сплаве Ni_3Al (e)), и скольжение в этих

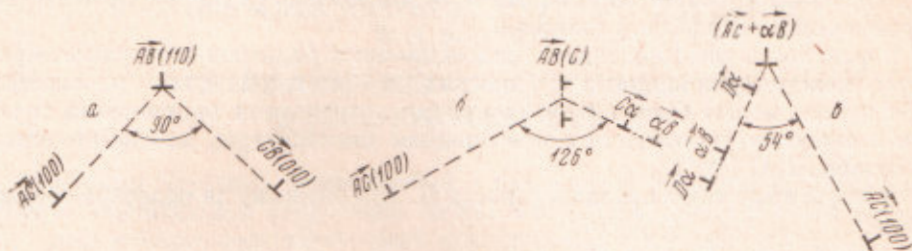


Рис. 1

плоскостях, как и в плоскостях октаэдра (a), осуществляется, вероятно, сверхдислокациями. В этом случае реакция (1) приводит к образованию V-образного дефекта в терминологии (1), показанного на рис. 1а.

Прочность дислокационных барьеров рассмотренного типа при температурах, не слишком близких к критической температуре упорядочения T_c , практически не зависит от температуры. При высоких T/T_c эта зависимость определяется температурной зависимостью энергии антифазной границы.

2. Реакции между дислокациями, скользящими в плоскостях куба и октаэдра. Нерасщепленные барьеры, подобные рассмотренным выше, в этом случае возникают в результате последовательности реакций типа

$$1) AC(100) + Ca + aB = \frac{a}{2} [01\bar{1}] + \frac{a}{6} [\bar{1}12] + \frac{a}{6} [\bar{2}\bar{1}1] \rightarrow \frac{a}{6} [\bar{1}4\bar{1}] + \frac{a}{6} [\bar{2}\bar{1}1]; \quad (3)$$

$$2) \frac{a}{6} [\bar{1}4\bar{1}] + \frac{a}{6} [\bar{2}\bar{1}1] \rightarrow \frac{a}{2} [\bar{1}10] \equiv AB(c). \quad (3a)$$

Обе эти реакции энергетически выгодны и приводят к возникновению комбинированной дислокации вдоль направления BD . Эта дислокация может претерпеть кристаллографическое расщепление в плоскости (c) , являющейся плоскостью ее скольжения, на две частичные дислокации Шокли с векторами $A\gamma$ и γB . Плоскость октаэдра (c) не является плоскостью скольжения ни одной из исходных дислокаций. Следовательно, комбинированная дислокация представляет собой эффективный барьер до достижения вблизи нее (в плоскости (c)) напряжения

$$\tau = \gamma_{(111)} / b. \quad (4)$$

В результате реакций (3) и (3a) возникает V-образный дефект, одна из возможных конфигураций которого показана на рис. 1б.

Энергетически выгодной является также реакция дислокации $AC(100)$ с дислокацией $DB(a)$:

$$AC(100) + Dx + aB = \frac{a}{2} [01\bar{1}] + \frac{a}{6} [121] + \frac{a}{6} [\bar{1}12] \rightarrow \frac{a}{6} [\bar{1}4\bar{1}] + \frac{a}{6} [121]. \quad (5)$$

Реакция

$$\frac{a}{6} [\bar{1}4\bar{1}] + \frac{a}{6} [121] \rightarrow a[010]. \quad (5a)$$

энергетически не выгодна; следовательно, комбинированная дислокация вдоль направления BD , возникающая в результате реакции (5), остается расщепленной (рис. 1а).

Прочность барьеров такого типа уменьшается с повышением температуры, поскольку их рекомбинация с помощью термической активации приводит в результате реакции (5а) к образованию комбинированной дислокации с вектором Бюргерса, равным вектору трансляции сверхструктуры $L1_2$. Скольжение такой дислокации в любой плоскости не сопровождается образованием антифазной границы.

Вероятность возникновения дислокационных барьеров в результате реакций между дислокациями кубических и октаэдрических плоскостей скольжения может быть одной из причин возрастания напряжений течения и скорости упрочнения с повышением температуры, наблюдавшегося на сплаве Ni_3Al (⁹⁻¹¹).

Авторы выражают признательность Л. А. Соловьеву за полезное обсуждение.

Сибирский физико-технический институт
им. В. Д. Кузнецова
при Томском государственном университете

Поступило
25 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. А. Грипберг, Физ. мет. и металловед., 15, 486 (1963). ² В. Н. Кеар, Н. G. F. Wilsdorf, Trans. AIME, 224, 382 (1962). ³ В. Н. Кеар, Acta Met., 12, 555 (1964). ⁴ В. Н. Кеар, Acta Met., 14, 859 (1966). ⁵ D. E. Mikkola, J. B. Cohen, Acta Met., 14, 105 (1966). ⁶ I. M. Copley, В. Н. Кеар, Trans. AIME, 237, 977 (1967). ⁷ И. В. Терешко, Л. Е. Попов, Изв. высш. учебн. завед., Физика, № 5, 85 (1969). ⁸ M. J. Marcinkowsky, N. Brown, R. Fischer, Acta Met., 9, 129 (1961). ⁹ R. G. Davies, N. S. Stoloff, Phil. Mag., 12, 297 (1965). ¹⁰ Л. Е. Попов, Э. В. Козлов и др., Докл. на II республиканск. совещ. по упорядочению атомов и его влиянию на свойства сплавов, 31 мая 1966 г. Опубликован в сборн. Процессы упорядочения и их влияния на свойства сплавов, Киев, 1968. ¹¹ Л. Е. Попов, Э. В. Козлов, И. В. Терешко, Физ. мет. и металловед., 26, 709 (1968).