

Дислокации и их влияние на свойства твердых тел

Студенты группы 10405521 Козлова А.В., Бобкович М.П.

Научный руководитель – Корнеева Е.К.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Дислокации – это дефекты кристаллического строения, представляющие собой линии вдоль и вблизи которых нарушено характерное для кристалла правильное расположение атомных плоскостей, т. е. линейные искажения типа обрыва или сдвига атомных слоев в кристаллической решетке (рисунок 1). На атомном уровне в элементарном виде сдвиг одной части кристалла относительно другой можно представить, как результат пробега через него дислокации, например, краевой, длина которой равна ширине кристалла.

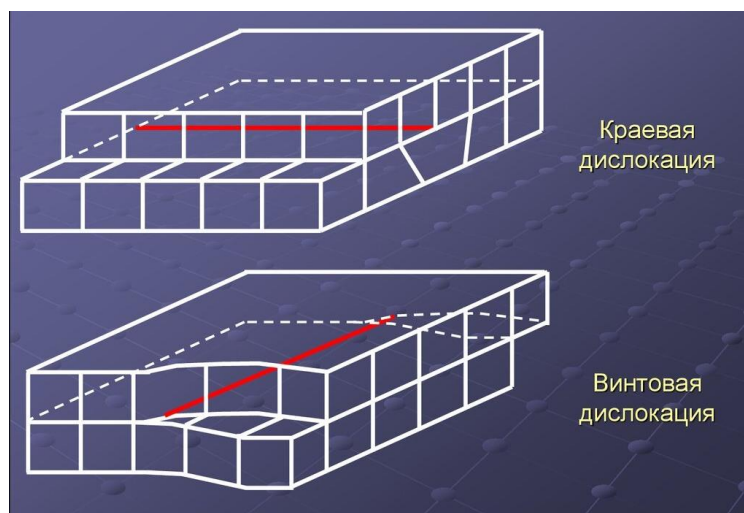


Рисунок 1 – Краевая и винтовая дислокации

Краевая дислокация является одним из типов дислокаций, которая присутствует внутри кристаллического материала и связана с деформацией его кристаллической решетки у его края или границы, представляет собой локализованное искажение кристаллической решетки, вызванное наличием в ней лишней атомной полуплоскости. Она возникает, когда в кристаллическую решетку добавляется или удаляется один дополнительный плоский слой атомов.

Винтовые дислокации представляют собой спиральные дефекты, которые образуются, когда часть кристаллической решетки смещается вокруг оси. Они имеют форму спирали и образуются в результате вращательной деформации материала. Данный тип дислокации в кристаллическом материале характеризуется тем, что плоскость среза решетки кристалла отклоняется на определенный угол от плоскости его решетки, что и создает спиральное или винтовое движение атомов вдоль оси дислокации. Винтовые дислокации также могут двигаться вдоль своей линии и взаимодействовать с другими дислокациями [1].

Также существуют смешанные дислокации, состоящие из двух дислокаций – краевой и винтовой. Они возникают при незавершенном сдвиге за счет образования винтовой дислокации, при этом линия дислокации изогнута.

Чем больше количество движущих дислокаций и длиннее их суммарный путь, тем больше величина макропластической деформации. Плотность дислокаций – это суммарная длина всех дислокаций в единице объема металла. Влияние плотности дислокаций на проч-

ность показано на рисунке 2. От плотности дислокаций зависит большинство технических важных свойств металлов и сплавов. Плотность дислокаций, которая может быть разной в различных микроучастках материала, влияет на механизм, скорость и направление структурных изменений.

Кроме линейных дефектов в реальном кристалле также имеют место поверхностные дефекты, представляющие собой поверхности раздела между зёрнами и блоками (субзёрнами), из которых состоят зёрна. Различие зёрен и блоков состоит в различной пространственной ориентации кристаллической решетки (рисунок 2), где границы блоков образованы дислокациями. Углы разориентации могут составлять до нескольких десятков градусов (θ), а граница между зёрнами представляет собой тонкую в 5-10 атомных диаметров поверхностную зону с максимальным нарушением порядка расположения атомов. Строение этого переходного слоя способствует скоплению в нем дислокаций [2].

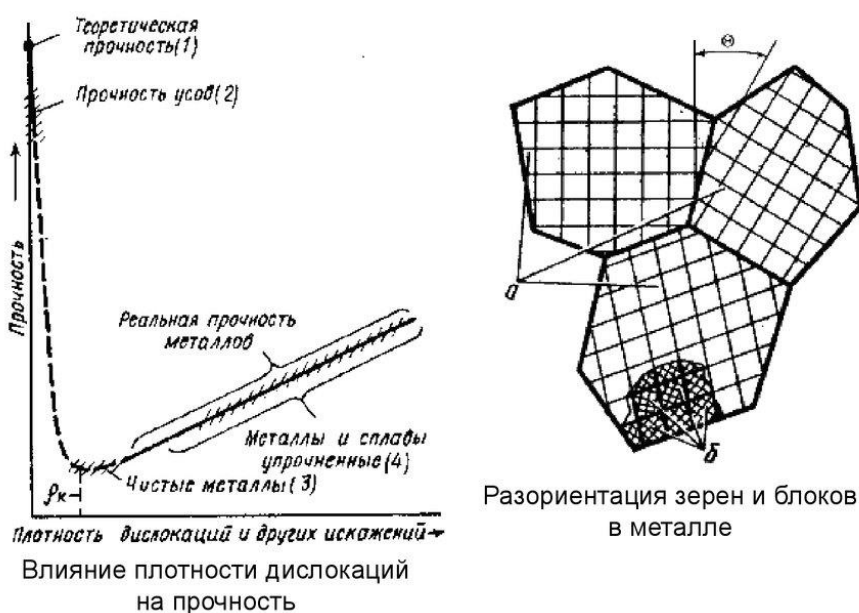


Рисунок 2 – Плотность дислокаций в кристалле

Дислокации играют ключевую роль в определении ряда механических, электрических и оптических свойств материалов:

1. Механические свойства:

– Прочность: дислокации действуют как препятствия для движения других дислокаций, что повышает сопротивление материала деформации и увеличивает его прочность.

– Пластичность: дислокации позволяют материалу пластически деформироваться без разрушения. При перемещении дислокаций материал может образовывать новые участки кристаллической решетки, обеспечивая пластичность.

2. Электрические свойства:

– Электропроводность: дислокации могут влиять на электропроводность материала, создавая локальные дефекты в кристаллической структуре, которые могут увеличить электрическое сопротивление.

– Пьезоэлектрические свойства: дислокации могут вызывать изменение электрического поля в материале при механическом напряжении, что приводит к генерации электрического заряда.

3. Оптические свойства:

– Прозрачность: дислокации могут влиять на прозрачность материала, изменяя оптические свойства, такие как преломление и поглощение света.

– Поляризация света: в некоторых материалах дислокации могут вызывать изменение поляризации света при прохождении через них, что используется в оптических приложениях [3-4].

Список использованных источников

4. Корпоративный портал «Томский Политех» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://portal.tpu.ru>. – Дата доступа: 04.04.2024.
5. Центр высокотемпературной сверхпроводимости и квантовых материалов им. В. Л. Гинзбурга [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gc.lebedev.ru>. – Дата доступа: 13.04.2024.
6. Кужир, П. Г. Физика конденсированных сред / П. Г. Кужир [и др.]. – Минск: «Техно-принт», 2002.
7. Леонович, С. Н. Основы физики твердого тела / С. Н. Леонович, С. И. Петренко. – Минск: БНТУ, 2010