

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОХРУПЧИВАНИЕ И ХРУПКОЕ РАЗРУШЕНИЕ МЕТАЛЛОВ – ДИСЛОКАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Чернов В.М.

*Высокотехнологический НИИ неорганических материалов имени академика
А.А. Бочвара (АО «ВНИИИМ»), Москва, Россия,
VMChernov@bochvar.ru*

Рассмотрены условия и механизмы формирования состояния низко-температурного охрупчивания (формирования температуры вязко-хрупкого перехода $T_{вхп}$) в металлах и их хрупкого разрушения (при определённых условиях) в таких состояниях (хладноломкости). Хладноломкость является типичным свойством ОЦК-металлов (исключение Та) и отсутствует в ГЦК-металлах. Процесс формирования хладноломкости металлов является многостадийным и его механизмы определяются дислокациями на всех стадиях (зарождение и рост докритических трещин, образование и динамическое распространение критических трещин, разрушение). Зарождение и докритический рост трещин происходит во всех типах металлов (ГЦК, ОЦК). Образование критических трещин (необходимое условие хладноломкости) и их динамическое распространение (достаточное условие хладноломкости) происходит только в хладноломких металлах.

Рельефы напряжений в плоскостях скольжения дислокаций (плоскостях распространения трещин) формируются кристаллическими решётками (рельефами Пайерлса) и их дефектами. Амплитудные значения этих рельефов (высоких в ОЦК и низких в ГЦК металлах) определяют стартовые напряжения для скольжения дислокаций на фронтах критических трещин в их пластических зонах. Скорость распространения критической трещины определяется зарождением и подвижностью дислокаций в её пластической зоне. В состоянии хладноломкости в пластической зоне критической трещины возникает локальное динамически связанное состояние «фронт трещины – дислокация» («фро-дис»), подвижность которого определяет скорость распространения трещины и контролируется динамической скоростью дислокаций, увеличивающейся с увеличением длины трещины и уменьшением температуры при асимптотическом приближении к скорости звука в КМ. Определён динамический критерий (достаточное условие хладноломкости) формирования области динамической подвижности дислокаций в пластической зоне критической трещины. Этот критерий может выполняться в ОЦК-металлах и не выполняется в ГЦК-металлах. Причины и механизмы отсутствия хладноломкости в Та неясны.

Методом внутреннего трения (ультразвуковые частоты) определены уровни вязкого торможения дислокаций в ОЦК (ферритно-мартенситная сталь, сплавы ванадия, тантал) и ГЦК (аустенитная сталь) металлах при низких температурах (областях хладноломкости ОЦК-металлов). Для ОЦК-металлов (кроме Та) в области их хладноломкости наблюдается низкий уровень вязкого торможения дислокаций (выполняется динамический критерий хладноломкости) и наблюдается корреляция температурных зависимостей ударной вязкости и внутреннего трения. Корреляция позволяет определить температуру хладноломкости (температуру $T_{вхп}$) металлов из акустических экспериментов. В Та при низких температурах наблюдается высокий уровень вязкого торможения дислокаций, увеличивающийся при понижении температуры (механизм не ясен) и согласующийся с отсутствием в Та хладноломкости. В ГЦК-металлах наблюдается высокий уровень вязкого торможения дислокаций при всех температурах (динамический критерий хладноломкости не выполняется), что является одной из причин отсутствия в них состояния хладноломкости (совместно с низким уровнем напряжения Пайерлса).