

тицами мела, к-рые притягиваются жидкостью, заполняющей полость трещины. В этом случае возможно обнаружение трещины, не выходящих на поверхность, подвещающуюся осмотру.

Капиллярная Д. основана на искусств. повышении цвето- и светоконтрастности участка изделия, содержащего поверхностные трещины, относительно окружающей поверхности. Осуществляется гл. обр. люминесцентным и цветным методами, позволяющими обнаружить трещины, выявление к-рых невооружённым глазом невозможно из-за малых размеров, а использование оптич. приборов неэффективно из-за недостаточной контрастности изображения и малого поля зрения при требуемых увеличениях.

Для обнаружения трещины полость её заполняется пенетрантом — индикаторной жидкостью на основе люминофоров или красителей, проникающим в полость под действием капиллярных сил. После этого поверхность изделия очищается от излишков пенетранта, а из полости трещины индикаторная жидкость извлекается с помощью проявителя (сорбента) в виде порошка или суспензии и изделие осматривается в затемнённом помещении в УФ-свете (люминесцентный метод). Люминесценция индикаторного раствора, поглощённого сорбентом, даёт чёткую картину расположения трещины с мин. раскрытием 0,01 мм, глубиной 0,03 мм и протяжённостью 0,5 мм. При цветном методе не требуется затемнения. Пенетрант, содержащий добавку красителя (обычно ярко-красного), после заполнения полости трещины и очистки поверхности от его излишка диффундирует в белый проявляющий лак, нанесённый тонким слоем на поверхность изделия, чётко обрисовывая трещины. Чувствительность обоих методов примерно одинакова.

Преимущество капиллярной Д. — её универсальность и однотипность технологий для деталей разл. формы, размеров и материалов; недостаток — применение материалов, обладающих высокой токсичностью, взрыво- и пожароопасностью, что предъявляет особые требования к технике безопасности.

Значение Д. Методы Д. применяются в разл. областях народного хозяйства, способствуют совершенствованию технологий изготовления изделий, повышению их качества, продлению срока службы и предотвращению аварий. Нек-рые методы (гл. обр. акустические) позволяют при периодич. контроле изделий в процессе их эксплуатации оценивать повреждаемость материала, что особенно важно для прогнозирования остаточного ресурса изделий ответственного назначения. В связи с этим непрерывно повышаются требования, предъявляемые к достоверности информации, получаемой при использовании методов Д., а также к производительности контроля. Т. к. метрология, характеристики дефектоскопов невысоки и на их показание влияет множество случайных факторов, оценка результатов контроля может быть только вероятностной. Наряду с разработкой новых методов Д., осн. направление совершенствования существующих — автоматизация контроля, применение многопараметровых методов, использование ЭВМ для обработки получаемой информации, улучшение метрологич. характеристик аппаратуры в целях повышения достоверности и производительности контроля, использование методов визуализации внутр. структуры и дефектов изделия.

Лит.: Шрайбер Д. С., Ультразвуковая дефектоскопия, М., 1965; Неразрушающие испытания. (Справочник), под ред. Д. Мак-Мастера, пер. с англ., кн. 1—2, М.—Л., 1965; Фалькевич А. С., Хусанов М. Х., Магнитографический контроль сварных соединений, М., 1966; Дорофеев А. Л., Электроиндуктивная (индукционная) дефектоскопия, М., 1967; Румянцев С. В., Радиационная дефектоскопия, 2 изд., М., 1974; Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий, под ред. В. В. Клюева, [т. 1—2], М., 1976; Неразрушающий контроль металлов и изделий, под ред. Г. С. Самойловича, М., 1976. Д. С. Шрайбер.

ДЕФЕКТЫ в кристаллах — устойчивые нарушения правильного расположения атомов или ионов

в узлах кристаллич. решётки, соответствующего минимуму потенциальной энергии кристалла.

Геометрическая классификация Д. основана на числе измерений, в к-рых размеры дефектного участка (ядра Д.) значительно превышают межатомное расстояние a . К нульмерным, или точечным, Д., у к-рых все размеры сравнимы с a , относятся вакансии, межузельные атомы, примесные атомы замещения и внедрения (в разбавленных твёрдых растворах) и их мелкие скопления. Одномерными, или линейными, Д. являются цепочки точечных Д., дислокации (полные, частичные, двойнивающие, зернограничные, межфазные) и дисклинации. Дислокации имеют вдоль своей оси l размеры $\gg a$. Перпендикулярно l атомная конфигурация ядра дислокации ($\sim a$) обеспечивает скачок смещений атомов при обходе вокруг линии дислокации, равный вектору Бюргерса b .

Двухмерными, или поверхностными, Д. являются дефекты упаковки, границы двойников (см. Двойникование) и зёрен (см. Межзёрные границы), антифазные и межфазные границы в сплавах, сама поверхность кристалла. Поверхностные Д., обрывающиеся внутри кристалла, ограничены полными или частичными дислокациями либо дисклинациями. Трёхмерными, или объёмными, Д. являются поры, трещины, включения др. фаз, тетраэдры из Д. упаковки.

Представление о точечных Д. введено в 1926 Я. И. Френкелем, понятие о дислокациях в 1934 независимо Дж. Тейлором (G. T. Taylor), Э. Ороуаном (E. Orowan), М. Поляни (M. Polanyi) в развитие идей И. В. Обреимова, Н. А. Бриллиантова, Л. В. Шубникова, Л. Прандтля (L. Prandtl), Делингера (V. Dehlinger) и др.

Основные характеристики Д.: энергия их образования U , равная разности между энергией кристалла с Д. и бездефектного кристалла из такого же числа атомов; характер изменения упругих искажений решётки вдали от Д., т. е. на расстоянии $r \gg a$; избыточный объём; атомная структура ядра Д.; зарядовое состояние Д. — суммарный заряд и распределение заряда в ядре Д.; магн. момент Д.; скорость перемещения Д. по кристаллу под действием приложенных к кристаллу механич., электр. и др. сил (подвижность).

Энергия образования Д. Энергия образования вакансии (определяемая работой переноса атома из узла решётки на поверхность кристалла) $U \sim 1$ эВ. Энергия образования межузельного атома (работа переноса атома с поверхности кристалла в междоузлье) порядка неск. эВ. Точечные Д. повышают конфигурац. энтропию S кристалла. Поэтому при конечной темп-ре T в термодинамич. равновесии, характеризующем минимумом свободной энергии $F = nU - T\Delta S$, кристалл всегда содержит нек-рое кол-во (n) точечных Д. В простейшем случае одноатомных металлов относит. концентрация вакансий $C = \exp(-U/kT)$.

Энергия образования линейных, поверхностных и объёмных Д. велика, и при термодинамич. равновесии их в кристалле нет. Однако при механич. воздействии в кристалле могут возникнуть дислокации и др. Д. Т. к. время до спонтанной аннигиляции дислокаций или до их выхода из кристалла велико, то обычно любой кристалл содержит дислокации. Выращивание бездислокац. кристаллов макроскопич. размеров возможно лишь при наблюдении ряда спец. мер. Осп. долю энергии дислокации составляет энергия упругих искажений решётки вокруг неё; на единицу длины дислокации она порядка $0,1Gb^2$, где G — модуль сдвига, т. е. ок. 10 эВ на атомную плоскость, перпендикулярную оси дислокации. Поверхностная энергия Д. упаковки в разл. металлах и сплавах $U \sim 10-200$ мДж·м⁻², для межзёрных границ $U \sim 1$ Дж·м⁻². Энергия макроскопич. трёхмерных Д. определяется в осн. их поверхностной энергией и энергией упругих искажений.

Механические напряжения Д., как правило, являются источниками внутр. механич. напряжений. На-