

контроля металла в процессе прокатки, а также для контроля железнодорожных рельсов.

Феррозондовый метод индикации использует активные преобразователи — *феррозонды*, в к-рых на тонкий пермаллоевый сердечник намотаны катушки: возбуждающая, поле к-рой взаимодействует с полем дефекта, и измерительная, по эдс к-рой судят о напряженности поля дефекта или о градиенте этого поля. Феррозондовый индикатор позволяет обнаружить в изделиях простой формы, движущихся со скоростью до 3 м/с, на глубине до 10 мм дефекты протяженностью (по глубине) ~10% от толщины изделия. Для индикации поля дефекта применяются также преобразователи на основе *Холла эффекта* и магниторезисторные. После проведения контроля методами магнитной Д. изделие должно быть тщательно размагничено.

Вторая группа методов магн. Д. служит для контроля структурного состояния, режимов термич. обработки, механич. свойств материала. Так, *коэрцитивная сила* углеродистой и низколегиров. стали коррелируется с содержанием углерода и, следовательно, с твердостью, *магнитная проницаемость* — с содержанием ферритной составляющей (α -фазы), предельное содержание к-рой лимитируется из-за ухудшения механич. и технологич. свойств материала. Спец. приборы (ферритометры, α -фазометры, коэрцитиметры, магн. анализаторы), использующие зависимость между магн. характеристиками и др. свойствами материала, также позволяют практически решать задачи магн. Д.

Методы магн. Д. используются также для измерения толщины защитных покрытий на изделиях из ферромагн. материалов. Приборы для этих целей основаны либо на поперечном действии — в этом случае измеряется сила притяжения (отрыва) пост. магнита или электромагнита от поверхности изделия, к к-рой он прижат, либо на измерении напряженности магн. поля (с помощью датчиков Холла, феррозондов) в магнитопроводе электромагнита, установленного на этой поверхности. Толщинометры позволяют производить измерения в широком диапазоне толщин покрытий (до сотен мкм) с погрешностью, не превышающей 1—10 мкм.

Акустическая (ультразвуковая) Д. использует упругие волны (продольные, сдвиговые, поверхностные, нормальные, изгибные) широкого частотного диапазона (гл. обр. УЗ-диапазона), излучаемые в непрерывном или импульсном режиме и вводимые в изделие с помощью пьезоэлектрич. (реже — эл.-магнитоакустич.) преобразователя, возбуждаемого генератором эл.-магн. колебаний. Распространяясь в материале изделия, упругие волны затухают в разл. степени, а встречая дефекты (нарушения сплошности или однородности материала), отражаются, преломляются и рассеиваются, изменяя при этом свою амплитуду, фазу и др. параметры. Принимают их тем же или отд. преобразователем и после соответствующей обработки сигнал подают на индикатор или записывающее устройство. Существует неск. вариантов акустич. Д., к-рые могут применяться в разл. комбинациях.

Эхо-метод представляет собой УЗ-локацию в твердой среде; это наиб. универсальный и распространенный метод. Импульсы УЗ-частоты 0,5—15 МГц вводят в контролируемое изделие и регистрируют интенсивность и время прихода эхо-сигналов, отраженных от поверхностей изделия и от дефектов. Контроль эхо-методом ведётся при одностороннем доступе к изделию путём сканирования его поверхности искателем с заданной скоростью и шагом при оптим. угле ввода УЗ. Метод обладает высокой чувствительностью, к-рая ограничивается структурными шумами. В оптич. условиях могут быть обнаружены дефекты размерами в неск. десятых долей мм. Недостаток эхо-метода — наличие неконтролируемой мёртвой зоны у поверхности, протяженность к-рой (глубина) определяется гл. обр. длительностью излучаемого импульса и обычно составляет 2—8 мм. Эхо-методом эффективно контролируются

слитки, фасонное литье, металлургич. полуфабрикаты, сварные, клеёные, паяные, заклёпочные соединения и др. элементы конструкций в процессе изготовления, хранения и эксплуатации. Обнаруживаются поверхностные и внутр. дефекты в заготовках и изделиях различной формы и габаритов из металлов и неметаллич. материалов, зоны нарушения однородности кристаллич. структуры и коррозионного поражения металлч. изделий. Может быть с высокой точностью измерена толщина изделия при одностороннем доступе к нему. Вариант эхо-метода с использованием *Лэмба волн*, обладающих волноводным характером распространения, позволяет осуществлять контроль листовых полуфабрикатов большой протяженности с высокой производительностью; ограничением является требование к постоянству толщины контролируемого полуфабриката. Контроль с применением *Рэлея волн* позволяет выявлять поверхностные и приповерхностные дефекты; ограничением является требование к высокой гладкости поверхности.

Теневой метод предусматривает ввод УЗ с одной стороны изделия, а приём — с противоположной. О наличии дефекта судят по уменьшению амплитуды в зоне звуковой тени, образующейся за дефектом, либо по изменению фазы или времени приёма сигнала, огибающего дефект (временной вариант метода). При одностороннем доступе к изделию используется зеркальный вариант теневого метода, при к-ром индикатором дефекта является уменьшение сигнала, отражённого от дна изделия. По чувствительности теневой метод уступает эхо-методу, однако преимуществом его является отсутствие мёртвой зоны.

Резонансный метод используется гл. обр. для измерения толщины изделия. Возбуждая в локальном объёме стенки изделия УЗ-колебания, модулируют их по частоте в пределах 2—3 октав, по значениям резонансных частот (когда по толщине стенки укладывается целое число полуволн) определяют толщину стенки изделия с погрешностью ок. 1%. При возбуждении колебаний во всём объёме изделия (интегр. вариант метода) можно по изменению резонансной частоты судить также о наличии дефектов или об изменении упругих характеристик материала изделия.

Метод свободных колебаний (интегральный вариант) основан на ударе о возбуждении упругих колебаний в контролируемом изделии (напр., бойком НЧ-вибратора) и последующем измерении с помощью пьезоэлемента механич. колебаний, по изменению спектра к-рых судят о наличии дефекта. Метод успешно применяется для контроля качества склейки низкодобротных материалов (текстолит, фанера и др.) между собой и с металлч. обшивкой.

Импедансный метод основан на измерении локального механич. сопротивления (импеданса) контролируемого изделия. Датчик импедансного дефектоскопа, работающий на частоте 1,0—8,0 кГц, будучи прижат к поверхности изделия, реагирует на силу реакции изделия в точке прижима. Метод позволяет определять расслоения площадью от 20—30 мм² в клеёных и паяных конструкциях с металлч. и неметаллич. заполнением, в слоистых пластиках, а также в плакированных листах и трубах.

Велосиметрический метод основан на изменении скорости распространения изгибных волн в пластине в зависимости от толщины пластины или от наличия расслоений внутри многослойной клеёной конструкции. Метод реализуется на НЧ (20—70 кГц) и позволяет обнаруживать расслоения площадью 2—15 см² (в зависимости от глубины), залегающие на глубине до 25 мм в изделиях из слоистых пластиков.

Акустико-топографич. метод основан на наблюдении мод колебаний, в т. ч. «фигур Хладни», с помощью тонкодисперсного порошка при возбуждении в контролируемом изделии изгибных колебаний с модулируемой (в пределах 30—200 кГц) частотой. Частицы порошка, смещаясь с участков поверхности, колеблю-