

Лекция 12

Ультразвуковые дефектоскопы

В зависимости от области применения ультразвуковые дефектоскопы (УД) подразделяются на две группы:

1. Общего назначения — маркировка УД;
2. Специализированные — маркировка УДС.

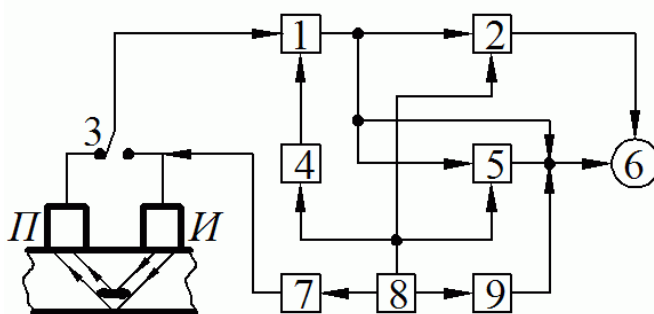
Приняты следующая маркировка дефектоскопов в зависимости от функционального назначения:

- УД1; УДС1 — обнаружение дефектов (пороговые);
- УД2; УДС2 — обнаружение дефектов, измерения глубины залегания (координат) дефекта и отношения амплитуд сигналов отраженных от дефектов;
- УД3; УДС3 — обнаружение дефектов, измерение координат дефектов, эквивалентной площади или условных размеров;
- УД4; УДС4 — обнаружение, распознавание типов дефектов, их ориентации, координат и размеров.

УД обычно работают в импульсном режиме и реже в непрерывном.

Структурная схема УЗ-дефектоскопа

Обобщенная структурная схема УД представлена на рисунке.



1 – усилитель; 2 – автоматически сигнализатор дефектов (АСД); 3 - преобразователь; 4 – система временной регулировки чувствительности (ВРЧ); 5 - измерительное устройство; 6 – электроннолучевая трубка; 7 – генератор затухающих импульсов (ГЗИ); 8 – синхронизатор; 9 – генератор развертки.

Генератор зондирующих импульсов (ГЗИ) 7 вырабатывает импульс электрических колебаний, возбуждающий акустические колебания в преобразователе 3. Основными элементами ГЗИ являются колебательный контур, включающий излучающий пьезоэлемент и электронную схему, обеспечивающую генерацию коротких импульсов той или иной формы, заполненных высокочастотными колебаниями. Наибольшее распространение получили генераторы ударного возбуждения, когда на излучатель подается электрический импульс от разряжаемой емкости.

В последнее время чаще используют схемы, позволяющие получить радиоимпульсы с колоколообразной огибающей, которая характеризуется наиболее узким спектральным составом при заданной длительности.

Частота посылок импульсов: $50 \dots 10^4$ имп/с.

Частота заполнения импульсов: от 0,8 МГц при выявлении

крупных дефектов;

до 15...20 МГц при выявлении

дефектов в доли мм.

Отраженные от дефекта УЗ-сигналы поступают на приемник и трансформируются в электрические импульсы, поступающие на вход усилителя 1. Коэффициент усиления усилителя регулируется во времени с помощью системы временной регулировки чувствительности (ВРЧ). Система ВРЧ предназначена для генерирования электрического импульса определенной формы, управляющего коэффициентом усиления усилителя.

Применение системы ВРЧ позволяет компенсировать ослабление УЗ-колебаний в изделии вследствие рассеяния и поглощения упругих волн, например, один и тот же дефект, расположенный на различном расстоянии от приемника даст различный по амплитуде отраженный сигнал, из-за затухания и рассеяния УЗ-волн в материале изделия. Поэтому закон изменения усиления должен быть обратным закону убывания амплитуды отраженных сигналов от одинаковых по размеру дефектов по мере их удаления от преобразователя. Например, коэффициент усиления должен меняться по закону.

$$k = A_1 t e^{Bt} \text{ — при обнаружении плоских дефектов;}$$

$$k = A_2 t^2 e^{Bt} \text{ — при обнаружении точечных дефектов.}$$

Постоянные A_1 ; A_2 ; B зависят от частоты заполнения зондирующего импульса и размеров преобразователя.

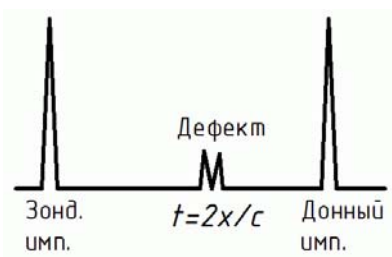
В большинстве случаев закон изменения коэффициента усиления подбирают эмпирическим путем при испытании стандартных образцов с искусственными отражателями.

Типы разверток УЗ-дефектоскопов

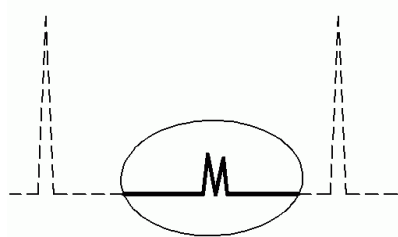
Усиленный до требуемой величины сигнал поступает на вход *электроннолучевой трубки б* и *автоматического сигнализатора дефектов (АСД) 2*.

На горизонтальную развертку трубки подается сигнал, синхронизированный с частотой зондирующих импульсов, на вертикальную — сигнал с преобразователя. В настоящее время используют три основных типа развертки, обозначаемых А, В и С.

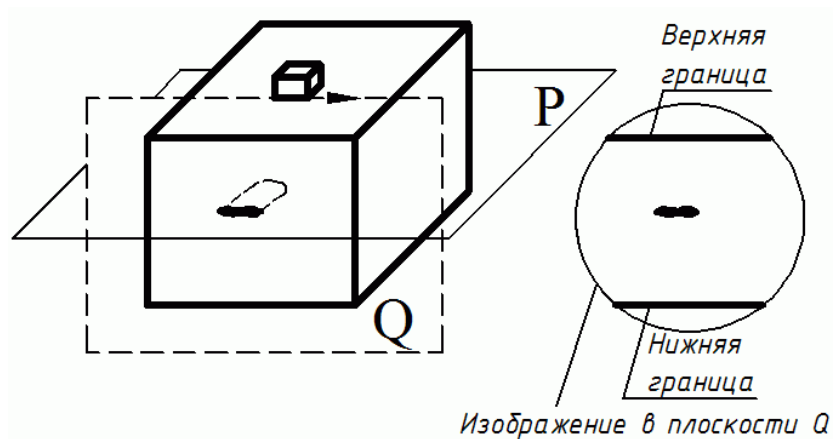
Развертка **типа А** — перемещение луча по горизонтали пропорционально времени посылки импульса (как в осциллографе), то есть горизонтальное перемещение луча пропорционально длине пути, пройденного УЗ-волной к данному моменту времени.



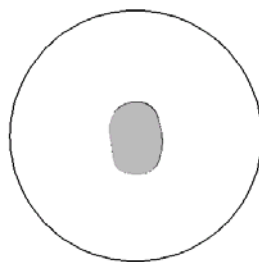
При иммерсионном варианте контроля, когда отраженные от передней поверхности изделия импульсы мешают регистрации сигналов, осуществляют задержку запуска развертки относительно зондирующего импульса. Кроме того, используют, так называемую «лупу времени», позволяющую анализировать интересующие отражения импульса в увеличенном масштабе времени, т.е. более детально изучить любой участок развертки.



Развертка **типа В** — позволяет получить продольное сечение контролируемого объекта, то есть томографическое изображение — распределение дефектов в сечении изделия, проходящем через линию сканирования. Отклонение луча по горизонтали пропорционально времени распространения УЗ-волн от точки излучения и обратно. Отклонение по вертикали пропорционально перемещению искателя по поверхности контролируемого изделия. Сигналы усилителя управляют яркостью луча, и дефектные места отображаются в виде светящихся точек. Для этого используют запоминающие электронно-лучевые трубки с послесвечением. При необходимости сигнал выводится на ЭВМ.



Развертка **типа С** — горизонтальное и вертикальное перемещение луча пропорциональны перемещениям преобразователя по поверхности изделия, отраженные сигналы управляют яркостью луча. На экране запоминающей трубки получают изображение дефекта в плоскости, перпендикулярной распространению УЗ-волн (плоскость P , см. предыдущий рисунок).



Система АСД предназначена для автоматической фиксации момента обнаружения дефекта, для этого используют световые и звуковые индикаторы.

Работой устройств *2, 4, 5, 6, 7* управляет *синхронизатор 8*. Так как частота синхронизатора определяет период следования зондирующих импульсов, то ее желательно выбирать большой для увеличения производительности контроля. Однако частота следования импульсов ограничена затуханием УЗ-волн и толщиной изделия.

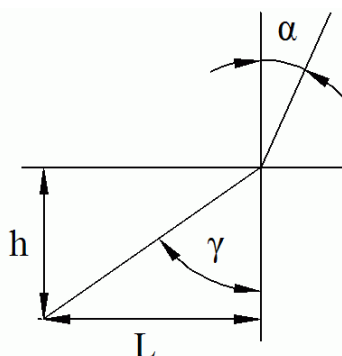
Необходимо, чтобы излученный импульс полностью затух до поступления следующего импульса. Ориентировочно можно считать, что требуемый уровень ослабления будет достигнут в результате N -кратного прохождения сигнала ($N = 4...12$). Тогда максимальная частота следования зондирующих импульсов $f = c/2HN$, H — толщина изделия.

Способы измерения координат дефектов в УЗ-дефектоскопах

Современные УД снабжены устройствами для измерения амплитуды и времени прихода отраженного импульса, по которому определяют координаты дефекта или толщину изделия.

Существует несколько способов определения координат дефекта:

1. Измерения проводят по экрану электронно-лучевой трубки, снабженной шкалой;
2. По шкале прибора при совмещении метки с эхо-сигналом на экране электронно-лучевой трубки;
3. Дефектоскоп снабжен микропроцессором, с помощью которого рассчитываются координаты дефекта $H = c\tau/2 \cos \gamma$ и $L = c\tau/2 \sin \gamma$.

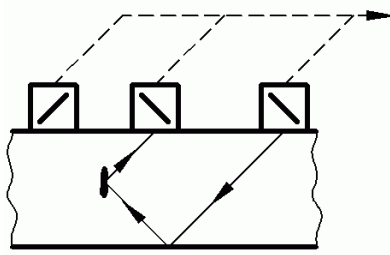


В представленной схеме контроля отраженный сигнал попадает на приемник, только в том случае, когда дефект ориентирован параллельно поверхности объекта контроля.

Обнаружение дефектов, неблагоприятно расположенных относительно преобразователей

Для выявления дефектов, расположенных перпендикулярно к поверхности объекта контроля, используют системы УЗ-контроля с несколькими разнесенными в пространстве преобразователями.

Обработка информации с нескольких приемников по заданному алгоритму, например, в эхо-зеркальном методе, позволяет повысить надежность обнаружения дефектов и точность оценки их характеристик.



Применение специального алгоритма обработки сигналов позволяет выявить дефекты, находящиеся в «мертвой зоне» преобразователя, при контроле зеркальным эхо-методом, как показано на рисунке.

