

## Лекция 10

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ УЗ-ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

При УЗ-дефектоскопии решаются следующие основные задачи:

1. Обнаружение дефектов.
2. Классификация дефектов — отнесение их к тому или иному типу (трещина, раковина, включение, непровар и т.д.).
3. Определение координат и размеров дефектов.
4. Определение степени опасности дефектов.

Для решения поставленных задач применяются перечисленные в предыдущих разделах методы контроля и оборудование, реализующее эти методы.

Оборудование для УЗ-контроля можно разделить на следующие основные типы:

1. УЗ-дефектоскопы с преобразователями для возбуждения и регистрации акустических волн и колебаний.
2. Комплекты эталонов и тест-образцов для проверки и настройки приборов.
3. Диаграммы для определения размеров дефектов.
4. Вспомогательные приспособления.

Технологически процесс УЗ-контроля включает следующие последовательно выполняемые операции:

1. Оценка дефектоскопичности (контролепригодности) изделия;
2. Подготовка объекта к контролю;
3. Настройка оборудования;
4. Поиск и обнаружение дефектов, определение их размеров и формы;
5. Оценка качества изделия (допустимости дефектов);
6. Оформление результатов контроля.

Рассмотрим основные этапы технологического процесса УЗ-дефектоскопии на примере эхо- и теневого методов контроля.

### Способы ввода и приема упругих волн в объект контроля

Залогом успешного решения задач УЗ-контроля является обеспечение высокой стабильности ввода в контролируемый объект и приема акустических волн, в результате анали-

за параметров которых делается заключение о наличии и характеристиках обнаруженных дефектов.

В современных дефектоскопах для излучения и приема УЗ-волн чаще всего используются пьезопреобразователи.

Существует несколько способов ввода УЗ-волн в контролируемый объект и приема сигналов:

1. Бесконтактный;
2. Контактный;
3. Иммерсионный;
4. Струйный.

*Бесконтактный* способ — между преобразователем и объектом существует воздушный зазор толщиной не более  $\lambda/4$ , прозрачный для УЗ-волн. Этот способ требует высокого качества поверхности и применяется для ввода низкочастотных волн.

*Контактный* способ — преобразователь вводят в контакт с поверхностью. Если ведут контроль на низких частотах, то используют сухой контакт. При контроле на частотах более 10 кГц ввод УЗ-волн осуществляется через слой масла.

*Иммерсионный* способ — между преобразователем и изделием создают толстый слой жидкости, помещая изделие и преобразователь в ванну.

Преимущества иммерсионного способа:

- высокая стабильность излучения и приема УЗ;
- отсутствие износа преобразователя;
- низкие требования к качеству поверхности объекта контроля.

*Струйный* способ — контакт преобразователя с объектом контроля обеспечивается непрерывной струей жидкости. Толщина слоя регулируется зазором между преобразователем и изделием. Применяется при контроле вертикальных поверхностей или поверхностей с переменной кривизной.

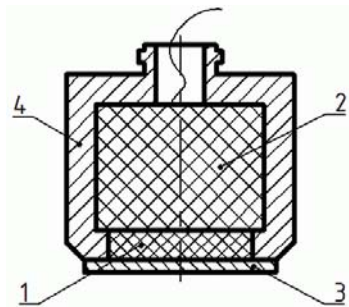
## **Классификация преобразователей**

В зависимости от способа ввода УЗ-колебаний используют различные типы преобразователей, которые классифицируются по следующим признакам:

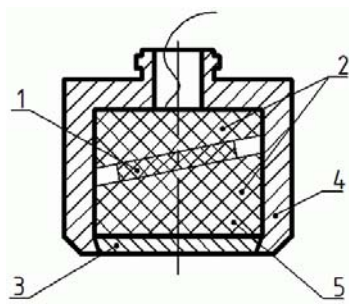
1. По способу введения УЗ-волн:
  - контактные;

- иммерсионные.
2. По назначению:
- нормальные (прямые) – для возбуждения продольных волн;
  - наклонные (призматические) – для возбуждения нормальных поперечных и по-  
верхностных волн.
3. По функциональным признакам:
- отдельные;
  - совмещенные;
  - раздельно совмещенные.

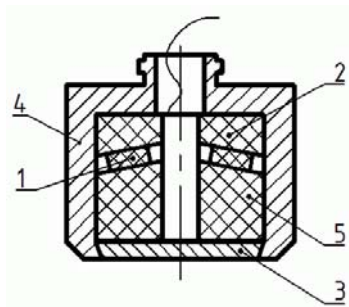
#### Типовые схемы преобразователей



нормальный совмещенный



наклонный



раздельно-совмещенный

Основными конструктивными элементами преобразователей являются:

- 1 — пьезопластина;
- 2 — демпфер;
- 3 — протектор;
- 4 — корпус;
- 5 — призма (в наклонных и раздельно-совмещенных преобразователях).

*Демпфер* служит для ослабления свободных колебаний пьезопластины, управления добротностью преобразователя и защиты пьезопластин от механических повреждений.

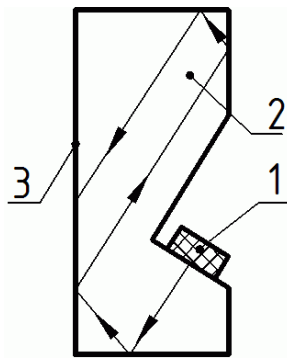
Материал и форма демпфера должна обеспечивать полное затухание и отвод колебаний, излученных пьезопластиной без многократных отражений в преобразователе. Ослабление колебаний пьезопластины тем сильнее, чем лучше согласованы импедансы пьезопластины и демпфера.

В качестве основного материала для демпфера используются эпоксидные смолы с добавкой порошковых наполнителей, обладающих высокой насыпной плотностью, необходимой для получения требуемого характеристического импеданса (вольфрам, свинец или их соединения). Для уменьшения многократного отражения демпфер выполняют в виде конуса. В некоторых случаях в виде конуса выполняют тыльную поверхность демпфера. В ряде случаев в материал демпфера вводят рассеиватели.

*Протектор* служит для защиты пьезопластины от механических повреждений и воздействия иммерсионной или контактной жидкости, а также согласования импеданса пьезопластины с импедансом контролируемого объекта.

Материал протектора должен обладать высокой износостойкостью и высокой скоростью звука – кварц, сапфир, керамика, эпоксидные смолы с порошковыми наполнителями (кварцевый песок, корундовый порошок и др.). Толщина протектора составляет 0,1...0,5 мм. Обычно используют четвертьволновые протекторы, обеспечивающие просветление границы пьезопластина-жидкость.

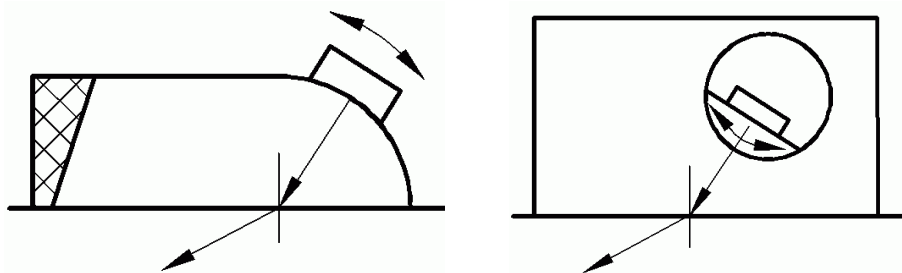
*Призма* обычно изготавливается из материала с небольшой скоростью звука (оргстекло; капролон и др.), что позволяет при относительно небольших углах падения получить большие углы преломления.



1 – пьезопреобразователь; 2 – призма;  
3 – ребристая поверхность

Высокое затухание УЗ в призме обеспечивает ослабление волны, которое также увеличивается за счет многократных переотражений. Для улучшения этого эффекта в призме часто используется ловушка, удлиняющая путь отраженных волн, в частности, на пути волны располагают небольшие отверстия; грани призмы выполняют ребристыми или приклеивают к ним материалы с приблизительно одинаковым характеристическим импедансом, но со значительным затуханием.

Для возбуждения в объекте волн одного типа угол наклона призмы делают либо небольшим  $\beta < 7^\circ$  (при этом поперечные волны практически не возбуждаются), либо выбирают его в интервале между первым и вторым критическими углами ( $28^\circ < \beta < 58^\circ$ ). В этом случае продольные волны трансформируются в поперечные. Призмы с углами  $60^\circ$  (оргстекло – сталь) применяют для возбуждения волн Рэлея. Для получения произвольных углов ввода применяют *универсальные преобразователи* (с переменным углом ввода).

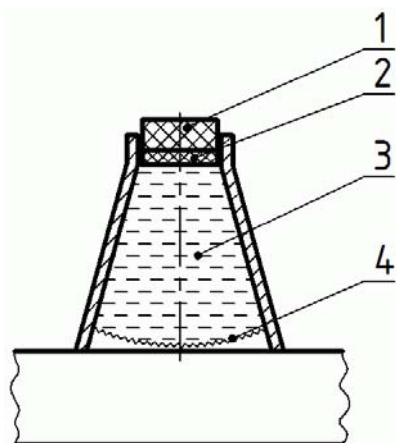


универсальные преобразователи (с переменным углом ввода)

В *раздельно-совмещенных преобразователях* излучатель и приемник разделены акустически, но при этом объединены конструктивно в одном корпусе. Благодаря такому разделению излучающий (зондирующий) импульс практически не попадает на приемник. В ре-

зультате «мертвая зона» уменьшается до 1...2 мм, вместо 5...10 мм для прямых преобразователей. Изменяя углы призм в раздельно-совмещенном преобразователе можно менять глубину прозвучивания.

*Иммерсионные и щелевые преобразователи* – отличаются от прямых преобразователей тем, что имеют повышенный импеданс демпфера. Протектор изготавливают обычно из эпоксидной смолы толщиной равной четверти длины волны, обеспечивающей просветление границы пьезоэлемент – гидроизоляция – иммерсионная жидкость.

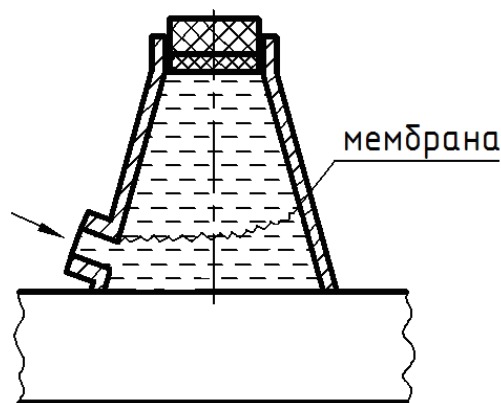


1 – демпфер; 2 – пьезопреобразователь; 3 – жидкость;  
4 – мембрана

Главным достоинством иммерсионных преобразователей является стабильность акустического контакта. Поэтому разработаны конструкции *локально-иммерсионных преобразователей*, в которых сохраняются достоинства иммерсионного способа без применения громоздкой ванны.

Одна из стенок корпуса такого преобразователя выполняется в виде мембраны, препятствующей вытеканию жидкости, и хорошо прилегающей к неровностям поверхности объекта. Мембрана сделана из маслостойкой резины или полиуретан, характеристический импеданс которых близок к импедансу воды, поэтому УЗ-волна практически от нее не отражается.

В *щелевом преобразователе* мембрана не соприкасается непосредственно с поверхностью объекта. Между ними имеется слой воды. Это предохраняет мембрану от износа и улучшает возможности контроля изделий с грубой поверхностью.



Волновые сопротивления сред между мембраной и жидкостью, сверху и снизу от мембраны, подбираются максимально близкими, что сводит к минимуму эффект отражения волны. Для устранения эхо-сигнала от мембраны ее располагают под углом  $80...85^\circ$  к акустической оси преобразователя. Небольшие размеры нижней части ванны позволяют обеспечить ее надежное заполнение при небольшом расходе жидкости.

### Основные требования к преобразователям

При расчете и проектировании преобразователей для эхо- и теневых дефектоскопов ставятся и решаются следующие основные задачи:

1. Достижение максимальной чувствительности, то есть максимальные значения модуля коэффициента преобразования  $|K|$  на некоторой оптимальной рабочей частоте  $f_{opt}$ .
2. Достижение максимальной ширины пропускания частот, определяемой амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ).

Широкополосность преобразователя обеспечивает возможность излучения и приема коротких акустических импульсов без искажения их формы. Последнее важно для достижения минимального значения «мертвой зоны» при контроле эхо-методом.

Отраженные от дефекта импульсы по амплитуде всегда меньше излучаемого — зондирующего. Поэтому, пока амплитуда зондирующего импульса не уменьшится в  $10...10^2$  раз, отраженный от дефекта импульс не может быть надежно зарегистрирован.

3. Достижение максимальной стабильности акустического контакта.
4. Снижение шумов преобразователя.

Главным источником шумов преобразователя является многократное отражение волн в протекторе, демпфере и других его элементах.

5. Согласование полного электрического импеданса преобразователя с выходным импедансом генератора и входным усилителем дефектоскопа.
6. Оптимизация акустического поля преобразователя.
7. Повышенная износостойкость преобразователя, зависящая от сопротивления истиранию протектора.