

Практическое занятие

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКИ

ПРОВОЛОКИ И МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

Классификация звука

Классификация звуковых волн

Инфразвук – упругие колебания и волны с частотами, лежащими ниже области слышимых человеком частот.

Ультразвук – упругие волны высокой частоты, в диапазоне от 20000 до нескольких миллиардов герц.

Гиперзвук - это упругие волны с частотами от 10^9 до 10^{12} – 10^{13} Гц. По физической природе гиперзвук ничем не отличается от звуковых и ультразвуковых волн.



Итак, звук - это распространяющиеся в упругих средах - газах, жидкостях и твердых телах - механические колебания.

Примеры звука в природе

Инфразвук
До 20 Гц



→ Звук →
20 Гц-20 кГц



Ультразвук
От 20 кГц



Схема распространения волн

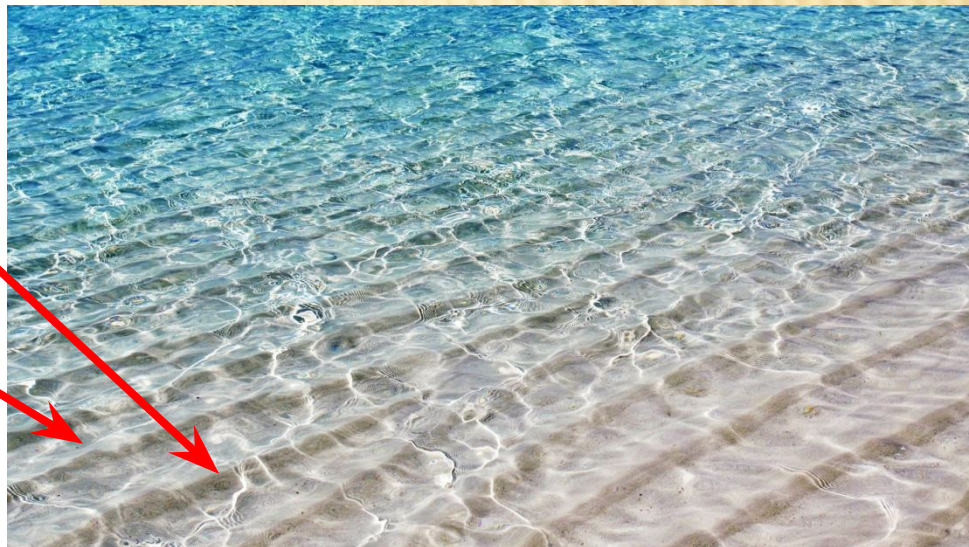
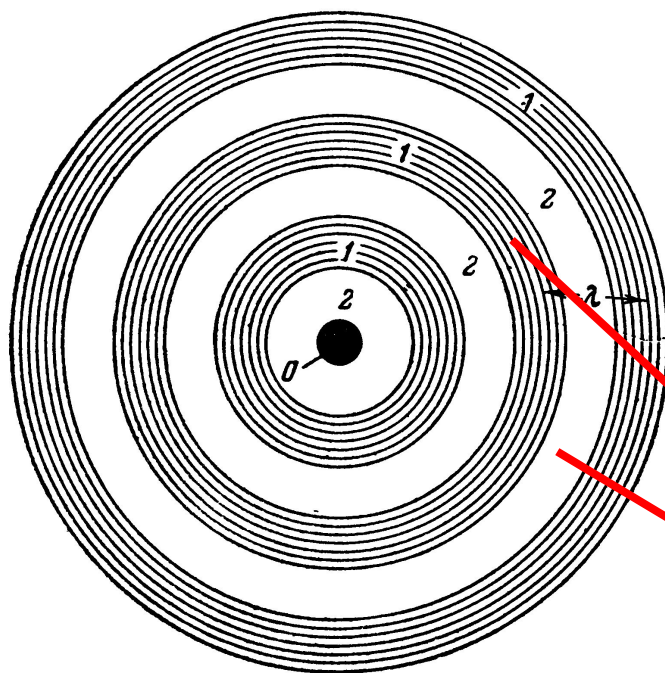


Рис. 1. Схема распространения сферической волны:

0 — источник, 1 — зоны сжатия, 2 — зоны разрежения, λ — длина звуковой волны.

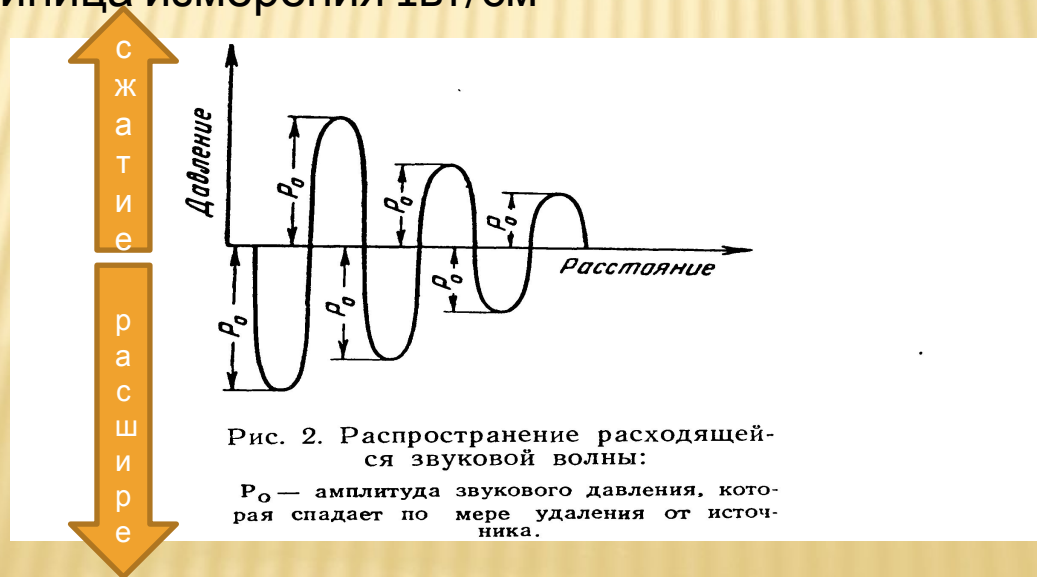
Природная аналогия

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА

- Ультразвуковые генераторы
- Ультразвуковое резание
- Снижение механических усилий при обработке режущим инструментом
Очистка волок, проволоки
- Ультразвуковая очистка
- Ультразвуковая сварка
- Ультразвуковая пайка
Неразрушающий контроль катанки, проволоки
- Ультразвуковой контроль
- Ультразвуковой экспресс анализ
- Ускорение производственных процессов
- Ультразвуковая пропитка
- Ультразвук в металлургии
- Ультразвук в горном деле
- Ультразвук в электронике
- Ультразвук в сельском хозяйстве
- Ультразвук в пищевой промышленности
- Ультразвук в биологии
- Ультразвуковая диагностика заболеваний
- Ультразвуковое лечение заболеваний

Теоретический аспект

- Для упрощения, представим источник звука как периодически раздувающий и сжимающийся шарик. Раздуваясь шарик сжимает примыкающие к нему среду, которая переюает это расширение передается следующему прилегающему слою и так далее в пространстве. При сжатии шарика происходит обратное действие, среда расширяется и все слои примыкающие тоже расширяются. Суть передачи звуковой волны в сжатии и расширении среды.
- Звуковая волна несет в себе энергию, количество энергии проходящей через площадь поверхности (к примеру см^2) перпендекулярной по отношению к этой поверхности за единицу времени определяет интенсивность звука, производная единица измерения $1\text{вт}/\text{см}^2$



Теоретический аспект

- Скорость распространения звука зависит от свойств среды, в более плотной волне распространяются медленнее, и наоборот.
- В более упругой среде быстрее, в менее упругой медленнее

Пример:

Скорость распространения звука в воздухе равна 340 м/сек, в воде (более плотной среде и более упругой) 1500 м/сек, в стали 5800 м/сек)

Таблица 1

Среда	Скорость упругих волн, м/сек	Температура, °С
Воздух	331	0
"	343	20
Углекислота	259	0
Водород	1280	0
Вода пресная	1430	17
" морская	1500	17
Хлороформ	1000	20
Ртуть	1450	20
Этиловый спирт	1170	20
Стекло (флинт)	3760	20
" (крон)	5260	20
Сталь	5800	20
Алюминий	6400	20
Селезенка свиньи	1515	20
Мышцы быка	1580	20
Ткани человека	1490—1610	20

Скорость распространения звука в различных

ОЧИСТКА УЛЬТРАЗВУКОМ

Ремарка:

Процессы связанные с диффундированием жидкости в пористые среды широко применяются в технологии: окраска тканей, очистка и.т.д .

Как правило они пртекают очень медленно. Воздействие ультразвука существенно ускоряет процесс. Аналогичным образом ускоряются другие аналогичные процессы.

Существенную рольк играет интесивное перемещивание которое всегда сопровождает распространение звуков в жидкости.



Рис. 51. Ультразвуковая отмывка тканей:

а — исходный загрязненный образец; *б* — образец после 3-часового кипячения в моющем растворе; *в* — образец после 10-минутной обработки ультразвуком в том же растворе при комнатной температуре.

Механизм очистки

Ультразвуковая кавитация.

Известно, что на каждый квадратный сантиметр, переменные звуковые давления достигают двух и больше атмосфер. Это давление + гидростатическое давление (определяется высотой водяного столба + давление газа над поверхностью).

К примеру атмосферное давление 1 кг/см^2 + давление звуковой волны $0,5 \text{ кг/см}^2 = 1,5 \text{ атм}$ в момент сжатия действующее на жидкость, в момент разряжения $0,5 \text{ атм}$.

Отличия жидкости - легко переносить большие всесторонние сжатия. При растягивающих нагрузках (фаза волны - разрежение) - идет молекулярный разрыв (силы больше чем силы сцепления в молекуле), очень большое количество разрывов в виде мельчайших пузырей.

В пузырьках проскакивают мельчайшие искорки, отчего вся жидкость светиться, идет электролизация, это является основой химического действия ультразвука

Механизм очистки

примесей и др. Эти маленькие полости, так называемые кавитационные пузырьки, после кратковременного суще-

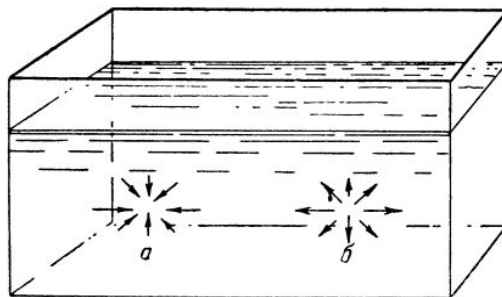
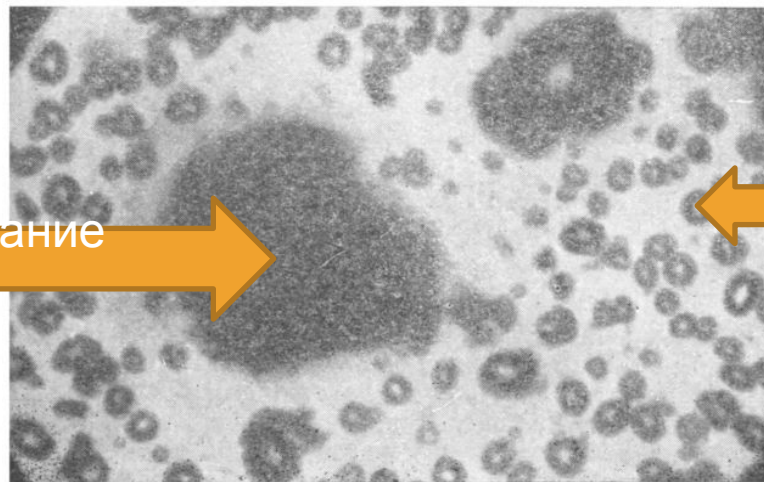


Рис. 8. Действие сжимающих (а) и растягивающих (б) сил на жидкость.



Большие как сливание
маленьких

Маленькие

Рис. 9. Мгновенная фотография группы кавитационных пузырьков. Темные пятна—большие пузырьки, образовавшиеся в результате слияния маленьких.

Механизм очистки

При пульсации пузырьков, действуют динамические нагрузки, идет сикроударения и разружение поверхности пленки, грязи...

1. Механизм. При интенсивных колебаниях пызырки отрывают пленку, если силы сцепления с меньше чем прочность пленки

2. Механизм. Если наоборот, то отрываются кусочки пленки (рис б)

3. Механизм. При деление крупных пызурков на мелкие, они ударясь о поверхность образца, пермещаясь по поверхности оставляют на пленке расчищенные дорожки, направление которых совпадает траекторией движения пызьрка

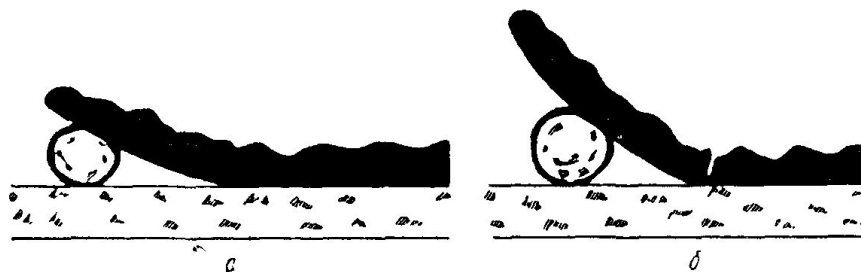


Рис. 85. Схема отслоения пленки загрязнений при пульсациях кавитационного пузырька:

а — начальная фаза отслоения; б — откалывание кусочков пленки

Классификация загрязнений

Ниже дан перечень наиболее распространенных загрязнений и проведена их классификация по характерным признакам.

Пыль, шлам после травления	Кавитационно не стойкие, слабо связаны с очищаемой поверхностью, химически не взаимодействуют с моющей жидкостью
Жировые пленки	Кавитационно стойкие, слабо связаны с очищаемой поверхностью, химически взаимодействуют с моющей жидкостью
Лаковые пленки, краски	Кавитационно стойкие, прочно связаны с очищаемой поверхностью, химически взаимодействуют с моющей жидкостью
Полировальные пасты	Кавитационно не стойкие, прочно связаны с очищаемой поверхностью, химически взаимодействуют с моющей жидкостью
Окалина, окисные пленки	Кавитационно стойкие, прочно связаны с очищаемой поверхностью, химически взаимодействуют с агрессивными жидкостями
Продукты коррозии	Кавитационно не стойкие, прочно связаны с очищаемой поверхностью, химически взаимодействуют с агрессивными жидкостями
Нагар, смолистые осадки, резина	Кавитационно стойкие, прочно связаны с очищаемой поверхностью, химически не взаимодействуют с моющей жидкостью

Детали очистки

Метод погружения применяется для очистки мелких деталей, размер которых много меньше или соизмерим с размерами излучателя. Детали загружают в ванну в

248

При очистке методом погружения необходимо учитывать, что любая вводимая в кавитационную область перегородка, даже если ее толщина $\delta \ll \lambda/2$, перекрывающая полностью или частично поверхность излучателя,

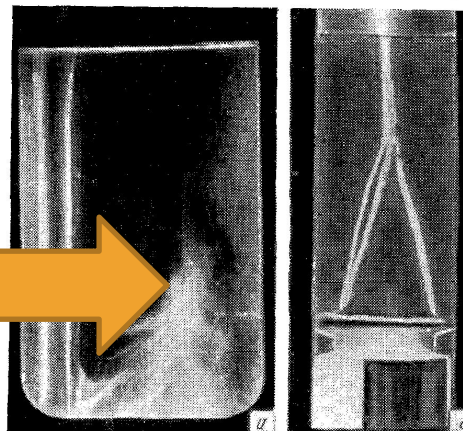


Рис. 86. Локализация кавитационной области:
а — без перегородки; б — с перегородкой

при нормальном атмосферном давлении сильно ослабляет звуковое поле за перегородкой. На рис. 86 представлены фотографии кавитационной области у поверхности стержневого излучателя до введения перегородки (рис. 86, а) и после введения перегородки (рис. 86, б).

Пример очистки волок



ролик

Ультразвуковое травление

Ввиду того, что при наложении ультразвука на процесс травления, стойкость излучателей резко снижается т.к. они подвергаются комплексному воздействию агрессивной среды и знакопеременных напряжений от кавитационной нагрузке. Образуются кратера, которым сопутствует концентрация напряжений в этом месте, что приводит к образованию усталостных трещин и разрушению.

Распространение технология не получила.

Есть вибрационное травление, но идея там другая, частота вибрации меньше и вызывает вибрацию механическая система.

Ультразвуковая очистка проволоки

Схема оборудования

4 Ultrasonic cleaning

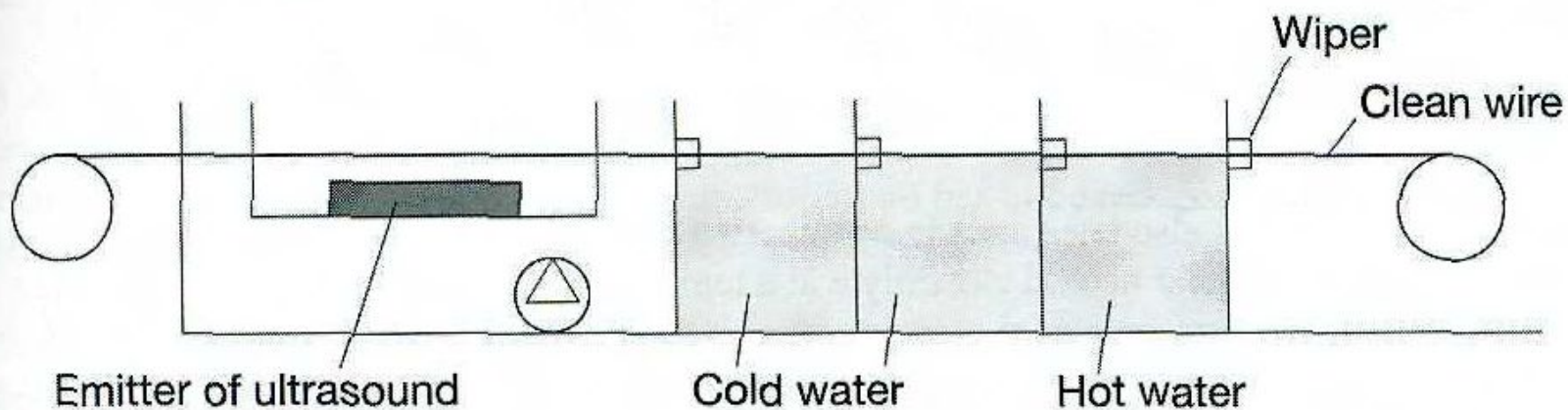
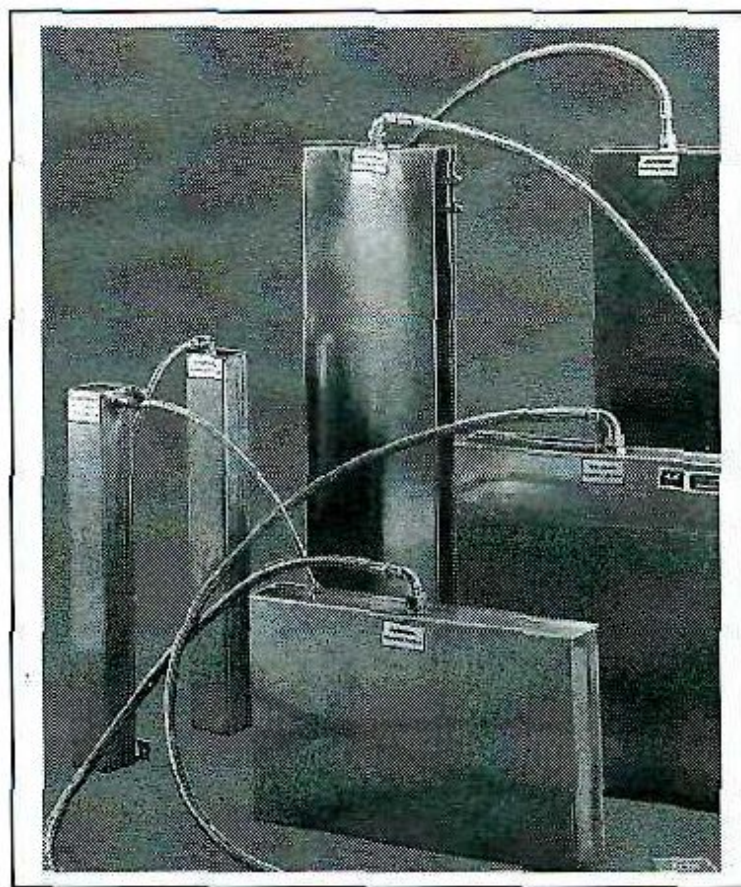


Fig. 14.3 Ultrasonic cleaning of wire

Ультразвуковая очистка проволоки

Источник ультразвука

*Figure 14.4
Transducers for ultra sound
generation
Reprinted with permission
from Martin Walter
Ultraschall-technik
Straubenhardt, Germany
and Agaria Stockholm
Sweden*



Ультразвуковая очистка проволоки

Механизм очистки поверхности

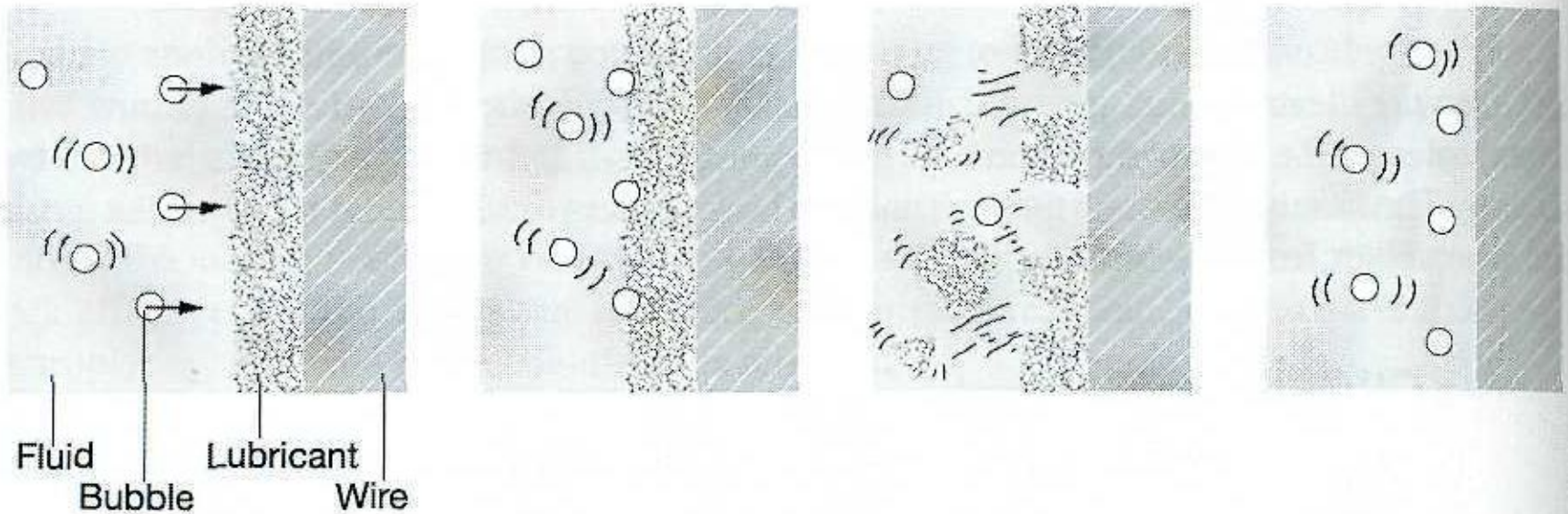
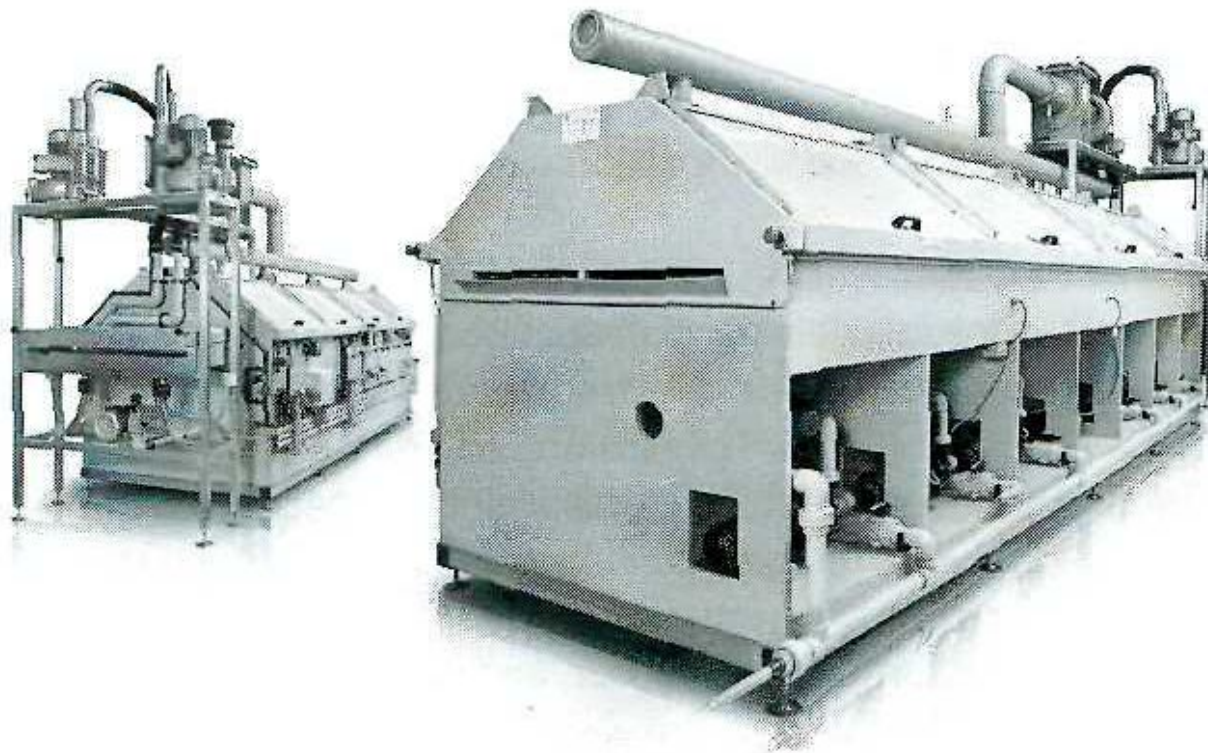


Figure 14.5 The ultrasound cleaning effect

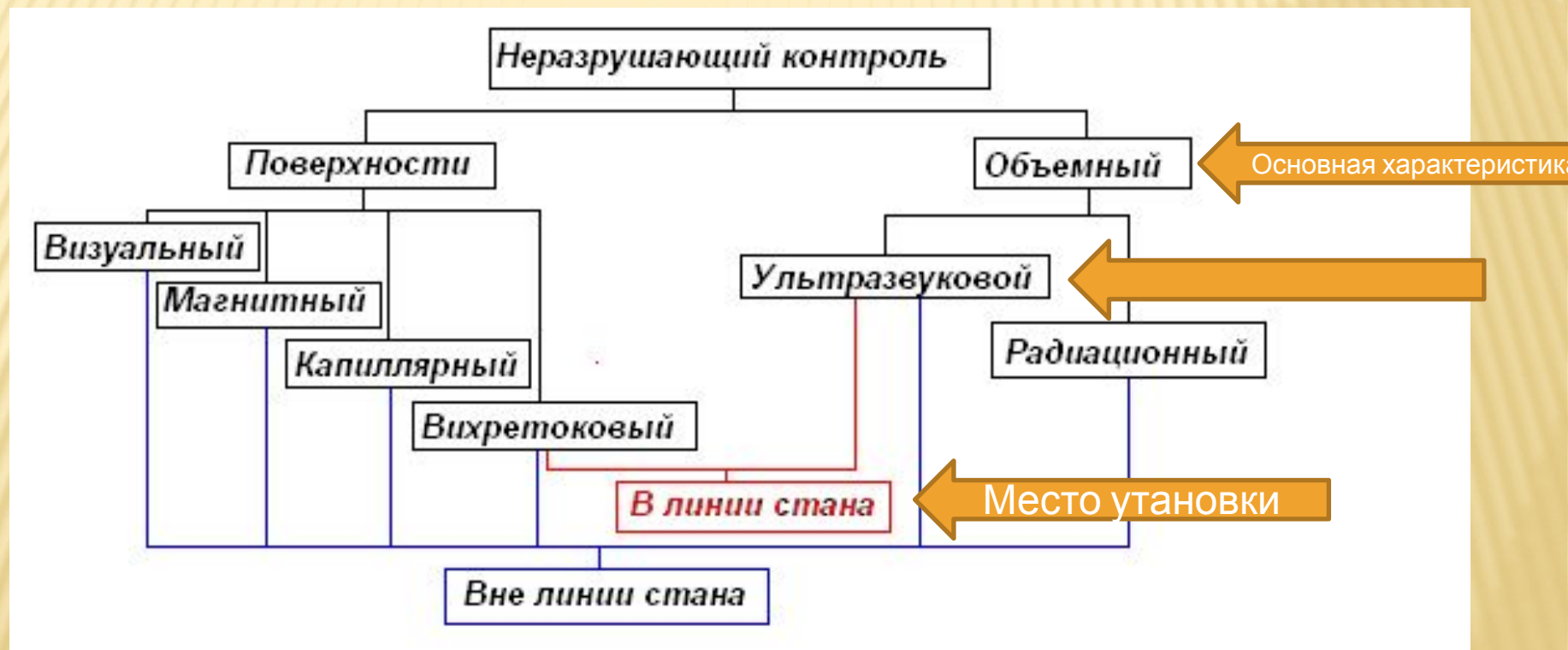
Внешний вид оборудования



*Figure 14.6
An inline ultrasonic
cleaning system for
wire.
CandorSweden*

Ультразвуковой неразрушающий контроль

Место в систем неразрушающего контроля



Ультразвуковой неразрушающий контроль

- **Ультразвуковая дефектоскопия** — поиск дефектов в материале изделия путём излучения и принятия УЗ колебаний, и дальнейшего анализа их амплитуды, времени прихода, формы и пр. с помощью специального оборудования — ультразвукового дефектоскопа.
- **Принцип работы.** Звуковые волны не изменяют траектории движения в однородном материале. Отражение акустических волн происходит от раздела сред с различными удельными акустическими сопротивлениями. Чем больше различаются акустические сопротивления, тем большая часть звуковых волн отражается от границы раздела сред. Так как дефекты в металле часто содержат газы, имеющие на порядки меньшее удельное акустическое сопротивление, то отражение будет практически полное.

Принципы работы

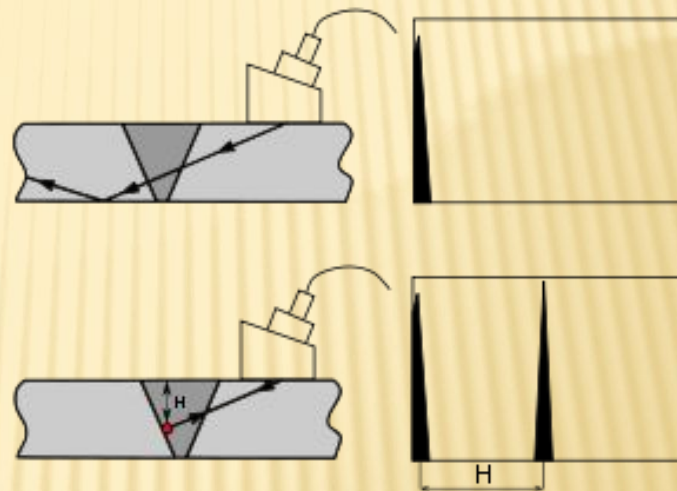
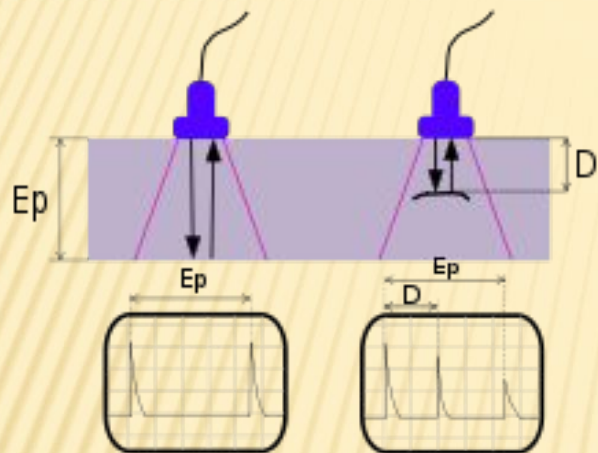


Иллюстрация принципов работы УЗ
дефектоскопов

Методы контроля

- Методы УЗ дефектоскопии делятся на **активные** и **пассивные**, которые, по ГОСТ 23829-85, включают 14 основных методов.
- Активные методы подразумевают излучение и приём УЗ волн, и делятся, в свою очередь, на методы **отражения**, **прохождения** и **резонансные**.
- **Прохождения**
- **Теневой** — анализ уменьшения амплитуды прошедшей волны, обусловленного наличием дефекта (дефект создает акустическую тень). В этом методе используются два преобразователя – генератор и приемник, расположенные по обе стороны от исследуемой детали на одной акустической оси.
- **Метод многократной тени** аналогичен теневому, с тем исключением, что ультразвуковая волна несколько раз проходит через параллельные поверхности изделия.
- **Зеркально-теневой** - анализ акустических импульсов после двукратного или многократного их прохождения через объект контроля и регистрации дефектов по обусловленному ими изменению амплитуды сигнала, отраженного от донной поверхности
- **Временной теневой** - анализ запаздывания импульса во времени, связанного с огибанием дефекта.
- **Велосимметрический** - анализ изменения скорости упругих волн, обусловленного наличием дефекта в объекте контроля.
- **Эхо-сквозной** - используют два преобразователя, расположенные по разные стороны объекта контроля друг напротив друга. В случае отсутствия дефекта, на экране дефектоскопа наблюдают сквозной сигнал и сигнал, двукратно отражённый от стенок объекта контроля. При наличии полупрозрачного дефекта, также наблюдают отражённые сквозные сигналы от дефекта.

Методы контроля

- **Отражения**
- **Эхо-импульсный** - анализ параметров акустических импульсов, отраженных от дефектов и поверхностей объекта контроля.
- **Эхо-зеркальный** - анализ параметров акустических импульсов, отраженных от дефекта и донной поверхности объекта контроля. Это аналог теневого метода, применяемый для контроля деталей с двумя параллельными сторонами. Основное достоинство - доступ к детали с одной стороны.
- **Реверберационный** - анализ времени объемной реверберации (многократного отражения) в объекте контроля. Для двухслойной конструкции при качественном соединении слоёв, часть энергии из первого слоя будет уходить во второй, поэтому реверберация будет меньше, чем при плохом соединении.
- **Когерентный** - помимо двух основных параметров эхо-сигнала, таких как амплитуда и время прихода, используется дополнительно фаза эхо-сигнала. Использование когерентного метода, а точнее нескольких идентичных преобразователей, работающих синфазно, позволяет получить изображение дефекта, близкое к реальному. При использовании специальных преобразователей, таких как преобразователь бегущей волны или его современный аналог - преобразователь с фазированной решёткой, метод позволяет значительно уменьшить время, затрачиваемое на контроль изделия

Методы контроля

- **Резонансные**
- **Резонансный** - возбуждение вынужденных колебаний в объекте контроля или его части и анализ параметров колебаний системы "объект контроля - преобразователь" при резонансах или вблизи них.
- **Свободных колебаний** - возбуждение свободно затухающих упругих колебаний в объекте контроля или его части и анализе параметров этих колебаний.
- **Импедансный** - возбуждение в объекте контроля упругих колебаний и анализ изменения механического импеданса на участке поверхности этого объекта.
- **Акустико-топографический** - возбуждение в объекте контроля упругих колебаний и регистрации распределения их амплитуд на поверхности объекта.
- **Пассивные** методы УЗ контроля - приём волн, источником которых является объект контроля. Включают методы:
 - **Акустико-эмиссионный** – прием волн, создаваемых при раскрытии дефектов в объекте;
 - **Вибрационно-диагностический** - анализ параметров вибрации при работе объекта;
 - **Шумо-диагностический** - анализ возникающих при работе объекта акустических шумов.
- Современные **дефектоскопы** точно измеряют время, прошедшее от момента излучения до приёма **эхо**-сигнала, тем самым измеряя расстояние до отражателя. Это позволяет добиться высокого лучевого разрешения исследования. Компьютеризированные системы позволяют провести анализ большого числа импульсов и получить трёхмерную визуализацию отражателей в металле.

Методы контроля

- Разрешающая способность акустического исследования определяется длиной используемой звуковой волны. Это ограничение накладывается тем фактом, что при размере препятствия меньше четверти длины волны, волна от него практически не отражается. Это определяет использование высокочастотных колебаний — ультразвука. С другой стороны, при повышении частоты колебаний быстро растет их затухание, что ограничивает доступную глубину контроля. Для контроля металла наиболее часто используются частоты от 0.5 до 10 МГц.
- Чувствительность контроля оценивается наименьшей площадью надежно выявляемого дефекта в данном материале. Она зависит от частоты УЗК, применяемой аппаратуры, акустических свойств материала детали, чистоты обработки и кривизны поверхности, структурного состояния материала, формы, ориентировки и глубины залегания дефекта. В реальных условиях могут быть выявлены трещины площадью в лучшем случае от 1 мм², обычно - от 10 мм².
- Надежность результатов ультразвуковой (УЗ) дефектоскопии зависит от состояния поверхности, формы детали и структурного состояния материала. Удовлетворительные результаты достигаются при контроле деталей, изготовленных из деформированных полуфабрикатов с поверхностью, обработанной по 6 качеству (на токарном станке) и выше, и имеющих простую форму.

Методы контроля

- Достоинства УЗ контроля:
- отсутствие повреждения (радиационного);
- применение для разнообразных материалов, как металлов, так и неметаллов;
- высокая оперативность;
- низкая стоимость;
- малая опасность для человека (по сравнению с рентгеновской дефектоскопией);
- высокая мобильность.

Методы контроля

- Недостатки УЗ контроля:
- подготовка поверхности для ввода УЗ волн в металл (удаление окалины, шероховатость, смазка);
- необходимость использовать преобразователи, с радиусом кривизны подошвы R , равным $0,9-1,1R$ радиуса контролируемого объекта, так называемые *притертые* преобразователи, которые в таком виде непригодны для контроля изделий с плоскими поверхностями.
- не может дать представления о реальных размерах дефекта, лишь о его отражательной способности в направлении приемника; некоторые дефекты практически невозможно выявить ультразвуковым методом в силу их характера, формы или расположения в объекте контроля;
- невозможно производить достоверный ультразвуковой контроль металлов с крупнозернистой структурой, как чугун или аустенитный сварной шов толщиной свыше 60 мм;
- затруднен контроль малых деталей или деталей со сложной формой.
- Вставить 8 часть стр 243.