

Тема 8 Акустичний контроль

Мета вивчення теми – ознайомлення з загальною методологією та видами акустичного контролю.

8.1 Фізичні основи методу

Початок використання ультразвукового контролю в промисловості ставиться приблизно до 50-м рокам минулого століття.

Ультразвуковий контроль знайшов широке застосування в практиці дефектоскопії виробів. На його частку доводиться 32% обсягу контролю всіх виробів.

Основним передумовами розвитку ультразвукових методів були:

1) відкриття 1880-1881 г. М. Жаком і Пьером Кюрі оборотного п'єзоелектричного ефекту, що дозволило використовувати кварц як перетворювач електричних коливань в ультразвукові.

2) розробка лордом Релеєм в 1885-1910 роках теорії поширення звуку у твердих речовинах.

3) розробка М.Ланжевром луна-імпульсного способу виявлення відбивачів 1915-1917 роках.

Цей метод заснований на аналізі процесу поширення порушених в матеріалі пружних ультразвукових хвиль. Якщо на шляху поширення хвилі зустрічають дефекти у вигляді тріщин, непроварів, газових пор, шлаку, неметалевих включень, акустичні властивості, яких різко відрізняються від властивостей матеріалу, з якого виготовлена деталь, то вони відображаються.

Звук – це механічні коливання, які поширюються в пружному середовищі (повітрі, воді, твердих тілах).

Коливання – цей рух навколо деякого середнього положення, що характеризується повторюваністю (наприклад коливання маятника). Будь-яке коливне тіло прагне до положення рівноваги.

Процес поширення ультразвуку в просторі є хвильовим.

Хвилі – коливальні рухи, що поширюються в просторі: коливання однієї крапки передаються сусідній і т.д.

Хвилі характеризуються наступними параметрами:

1) **Довжина хвилі λ (м)** – це відстань між двома частками середовища, що перебувають в одному коливальному стані.

2) **Амплітуда A (Дб)** – це максимальне відхилення коливної частки від стану спокою.

3) **Частота f (Гц)** – це кількість повних коливань часток середовища в одиницю часу.

4) **Період T (с)** – це час одного повного коливання.

5) Поширення хвилі відбувається з певною швидкістю, яку називають **швидкістю ультразвукової хвилі** (м/с). Швидкість звуку – це фізична константа середовища, яке залежить тільки від її властивостей. Швидкість звуку не можна змінити за рахунок частоти або довжини хвилі.

Інфразвук < 16 Гц

Звук 16 – 20000 Гц

Ультразвук 20000 – 10⁹ Гц

Гіперзвук >109 Гц

Теплові коливання >1012 Гц 1кГц = 103 Гц, 1мГц = 106 Гц

В ультразвуковій дефектоскопії використовуються частоти від 0,6 до 10 МГц.

В акустичному контролі використовуються різні типи хвиль, що відрізняються напрямком коливань, розподілом амплітуд коливань і хвиль у середовищі, швидкістю поширення хвиль. В акустиці різні типи хвиль прийнято називати модами.

Якщо частки середовища коливаються в напрямку, що збігається з напрямком поширення хвилі, то такі хвилі називаються **поздовжніми (хвилі стиску-розтягання), l**.

Якщо частки середовища коливаються перпендикулярно напрямку поширення хвилі, то такі хвилі називаються **поперечними (хвилі зрушення)**. Швидкість поперечних хвиль практично у два рази менше, чим у поздовжніх.

Поверхневі хвилі (хвилі Релея) поширюються уздовж вільної поверхні твердого тіла.

Поверхнева хвиля є комбінацією поздовжніх і поперечних хвиль. Площина, у якій коливаються частки середовища перпендикулярна до поверхні. Поверхневі хвилі можуть поширюватися на більші відстані, як по плоскій так і по вигнутій поверхні виробу. Глибина їх поширення не більш однієї довжини хвилі.

C_s – швидкість поширення поверхневих хвиль. $C_s = 0,93 C_t = 0,51 C_l$

Застосування цих хвиль ефективно для виявлення дефектів на поверхні (ризика, задири, тріщини)

Для всіх перерахованих хвиль швидкість не залежить від частоти. Вона залежить від модуля об'ємної пружності (модуля Юнга) і щільності середовища В обмежених твердих тілах (пластинах, стрижнях, поперечні розміри яких перевершують довжину хвилі не більш ніж в 2-3 рази, існують **хвилі в пластинах (нормальні хвилі або хвилі Лемба) і в стрижнях (Похгаммера)**. Швидкість їх поширення змінюється залежно від частоти (явище дисперсії), пружних властивостей матеріалу й поперечних розмірів пластини або стрижня. Нормальні хвилі (хвилі Лемба) можуть поширюватися в тонких пластинах або виробах з товщиною, порівнянної з довжиною хвилі. Вони заповнюють усю товщину пластини. Нормальні хвилі застосовують для УЗК тонких аркушів, оболонок, а хвилі в стрижнях — для контролю дроту.

Питомий акустичний опір середовища або акустичний імпеданс (z) – це добуток щільності середовища на швидкість поширення ультразвуку в данім середовищі.

$$z = \rho \cdot C,$$

В ультразвуковій дефектоскопії використовується відбиття ультразвукових хвиль від поверхонь дефектів у металі, які можна розглядати як границю роздязнула метал-повітря. Чим більше різняться акустичні опори дефектів від загальної маси метала, тем простіше їх виявити, тому що в

цьому випадку більша частина ультразвукової енергії буде відбиватися від дефектів.

Ультразвукова хвиля в напрямку свого руху несе певну енергію, яку випроменило джерело. Кількість енергії, стерпне хвилею за 1 секунду через 1 див^2 майданчики, перпендикулярної до напрямку поширення ультразвукової хвилі називається **інтенсивністю ультразвуку**.

У міру поширення ультразвукової хвилі інтенсивність її падає. Це обумовлене розбіжністю й загасанням.

Загасанням ультразвукових коливань називається зменшення амплітуди коливань часток у звуковій хвилі, викликане процесами розсіювання й поглинання.

При розсіюванні енергія залишається механічної, але йде зі спрямованого поширення хвилі в результаті відбиттів на границях зерен і неоднородностей. Розсіювання пов'язане з тим, що середовище не є строго гомогенним. Вона містить кристали, на границях яких акустичний опір змінюється, тому що кристали або окремі складові речовини мають різну щільність. Для деяких матеріалів це пов'язане з тим, що вони являють собою сплав зерен різних компонентів (феррита й графіту). Для інших матеріалів – з наявністю пор і сторонніх включень.

При поглинанні механічна енергія коливань переходить у теплову. Поглинання буде тим більше, чим менше довжина хвилі й відповідно чим більше частота.

Обидві складові загасання створюють певні труднощі при ультразвуковому контролі. Поглинання зменшує амплітуду минаючих сигналів. А розсіювання не тільки зменшує рівень сигналів, відбитих від дефектів, але й створює численні шумові імпульси на екрані дефектоскопа, пов'язані з відбиттями від граней кристалів.

8.2 Способи збудження ультразвукових коливань.

Для випромінювання й приймання пружних коливань і хвиль застосовують різні способи. Усі вони засновані на перетворенні енергії. У найпростішому випадку таке перетворення може відбуватися без зміни виду енергії (удар молотка) Однак частіше порушення й приймання пружних коливань супроводжується зміною виду енергії (з електричної в механічну й навпаки).

Існує кілька способів одержання ультразвукових коливань. Розглянемо деякі з них:

- 1) механічний
- 2) магнитострекционный
- 3) п'єзоелектричний

Якщо необхідно збуджувати ультразвукові коливання в повітрі або газах, то звичайно застосовують механічний спосіб. До механічних способів відносять свистки, сирени і т.д.

Частота коливань у механічних випромінювачах від 10 д 500 кгц.

Магніострикція означає зміну форми й розмірів тіла при намагнічуванні. Якщо до намагніченого стрижня підвести змінний електричний струм, то стрижень почне вібрувати.

Змінюючи подводимое напруга, змінюється й частота коливань стрижня. Так одержують коливання ультразвукової частоти. У якості стрижня використовують залізо, нікель, кобальт і їх сплави.

Крім стрижня можна застосовувати трубу, а також пакет, з тонких пластин, склеєних між собою. Цей спосіб одержання ультразвукових коливань в основному використовується для механічної обробки деталі. А також цей спосіб використовується для контролю гуми й бетону.

В 1880 році брати Кюрі, досліджуючи властивості кристалів кварцу помітили, що якщо пластину стиснути із двох сторін, то на її гранях перпендикулярних напрямку стиску виникають електричні заряди, на одній стороні позитивні, на протилежній -негативні.

Такими ж властивостями мають сигнетовая сіль і турмалін.

При розтяганні на поверхнях кварцу виникають заряди, але знаків протилежних тем які виникають при стиску.

Явище виникнення електричних зарядів при стиску або розтяганні пластинки одержало назву **прямого п'єзоелектричного ефекту**.

П'єзоелектричний ефект оборотний, тобто пластина кварцу, поміщена в електричне поле буде стискуватися й розтягуватися із частотою, відповідній до частоти зміни знаків електричних зарядів. Таким чином, п'єзоелектричні пластини стають випромінювачами ультразвуку. Це **зворотний п'єзоелектричний ефект**.

Для створення електричного контакту на поверхні пьезопластины наносять тонкий шар срібла, службовець електродом. При подачі на них електричної напруги пластина змінює свою товщину внаслідок зворотного п'єзоелектричного ефекту.

Якщо напруга знакопеременно, то пластина коливається в такт цим змінам, створюючи в навколишньому середовищі пружні коливання. При цьому пластина працює як випромінювач, і навпаки, якщо пьезопластина сприймає імпульс тиску, то на її обкладках у наслідок прямого п'єзоелектричного ефекту з'являються заряди, величина яких може бути заміряна. У цьому випадку пластина працює як приймач. Потужність коливання пластини залежить від напруги на електродах і співвідношення частоти змінного струму й власної частоти коливань пластини.

Таким чином, пластина випромінює ультразвукові хвилі завдяки зворотному п'єзоэффекту, а ухвалює – завдяки прямому.

Найбільшу випромінюючу потужність можна одержати при резонансі, коли власна частота коливань пьезопластины буде відповідати частоті змінного струму генератора, що збуджує його.

П'єзоелектричну пластину вибирають такий, щоб її товщина була дорівнює половині довжини ультразвукової хвилі в матеріалі пластини.

П'єзоелектричні матеріали і їх характеристики

В ультразвуковій дефектоскопії застосовуються наступні п'єзоелектричні матеріали:

- 1) природні – кварц, турмалін, сигнетова сіль
- 2) штучні – титанат барію, ЦТС (цирконат титанат свинцю)

Кварц має високу стабільність у роботі (постійний п'єзо ефект), і вологостійкістю. Крапка Кюрі (температура, при якій матеріал втрачає п'єзоелектричні властивості) 5700С. Він стійкий до високих температур і плавиться при температурі $t = 14700\text{С}$. Кварц широко не використовується, тому що п'єзоелектричні властивості виникають при високій напрузі, приблизно 1000 У и висока вартість його виготовлення. Кварц тендітний і не витримує більших механічних навантажень.

Титанат барію має п'єзоелектричні властивості приблизно в сто раз вище, чим у кварцу. До пластин прикладається напруга приблизна 100В. У титанату барію висока механічна міцність і висока крихкість. Пластину з титанату барію виготовляють шляхом пресування з наступним спіканням притемпературе 15000С, потім поляризують у маслі, нагріваючи до температури 120-1500С, поміщають в електричне поле й витримують у плинні 1-2 годин. Крапка Кюрі 1000С

ЦТС – це синтетична, спеченная з маси певного хімічного складу п'єзокераміка. На поверхні виготовлених у такий спосіб пластин наносять (фарбою, вжиганием або напилюванням) металеві (срібні, нікелеві) електроди. Далі пластини витримують тривалий час під більшою постійною напругою (поляризують), щоб матеріал придбав пьезосвойства. Останнім часом є найбільше часто застосовним для виготовлення пьезопластин. Пластини мають високу чутливість і працюють більш стабільно. Механічно міцні, але тендітні. Крапка Кюрі 3000С

8.3 Випромінювачі й приймачі ультразвукових коливань. Класифікація п'єзоелектричних перетворювачів.

Випромінювання ультразвукових хвиль і приймання відбитих сигналів в ультразвуковій дефектоскопії проводиться за допомогою спеціальних пристроїв, названих п'єзоелектричними перетворювачами.(ПЭП)

ПЭП для приладів неруйнуючого контролю класифікуються по ряду ознак:

1) по способу акустичного контакту з контрольованим об'єктом(контактні, иммерсионные, контактно-иммерсионные, щілинні, із сухим крапковим контактом, безконтактні)

2) по способу з'єднання перетворювачів з електричною схемою приладу :

- сполучені перетворювачі, які з'єднуються одночасно з генератором і підсилювачем приладу й служать як для випромінювання так і приймання ультразвуку.

- роздільні перетворювачі, що полягають із випромінювача, соединненого з генератором приладу, і приймача, з'єданого з підсилювачем.

- роздільно-сполучені перетворювачі, що полягають із излучающегои прийомного елементів, що перебувають в одному корпусі, але розділених екранами.

3) по напрямкові ультразвукової хвилі:

- прямі (нормальні), що випромінюють хвилі нормально до поверхні виробу.

- похил, що випромінюють хвилі під кутом до поверхні виробу

ПЭП являє собою металевий корпус, у яким розташовуються:

1) Протектор перетворювача – це шар звукопровідного матеріалу, розташований між п'єзоелементом перетворювача й контрольованим виробом, і служить для захисту п'єзопластини від ушкодження. Виготовляється з поліуретану, фторопласта, кераміки, сталі.

2) П'єзопластина служить для перетворення електричних сигналів в ультразвукові й навпаки. $\delta = \lambda/2$ на протилежній поверхні п'єзопластини кріпляться срібні електроди.

3) Демпфер кріпиться до п'єзопластині з боку, протилежної протектору. Виготовляється з матеріалу з більшим поглинанням ультразвуку, звичайно зі штучних смол з додаванням порошку високої щільності. Для зменшення багаторазових відбиттів на демпфер, з боку протилежної п'єзопластині наносять канавки або роблять скоси.

4) Токопідводящие проведення необхідні для з'єднання перетворювача з дефектоскопом.

5) Корпус служить для кріплення всіх елементів ПЭП.

Похилі ПЭП призначені для контролю зварених з'єднань, виробів і матеріалів, коли немає можливості контролювати нормальними ПЭП, тобто форма шва не дозволяє контролювати нормальними ПЭП.

Похила призма виготовляється з оргскла, полікарбонату, капролона, які мають підвищену зносостійкість.

При похилих ПЭП ультразвукова хвиля вводиться під якимось кутом залежно від комбінації матеріалів. Призма виготовляється під різними кутами, передбаченими стандартом для комбінації оргскло – сталь.

Розміри й форма призми вибираються такими, щоб відбиті сигнали від границі роздільно не верталися на п'єзопластину, а гасилися в призмі пастці.

Для гасіння багаторазових відбиттів у призмі передбачені зони невеликих отворів або ребра на гранях.

Зі зниженням частоти габарити похилих ПЭП суттєво збільшуються. Це необхідно для збереження високої спрямованості випромінювання й гасіння в пастці призми відбитої від границі роздільно ультразвукової енергії.

У роздільно-сполученому перетворювачі п'єзоелементи включені за роздільно-сполученою схемою, але об'єднені в одному корпусі. Роздільно-сполучені ПЭП можуть бути прямими й похилими. Прямі ПЭП застосовують при контролі прокату, таврових з'єднань і стиків зі знятим посиленням шва.

ПЭП складається із двох п'єзоелементів приклеєних до похилих призм і розділених між собою екраном . Екрани можуть бути з міді, фольги або шкіри. Із протилежної сторони пьезопластины розташований демпфер, токопідводящие проведення й корпус.

Роздільно-сполучені ПЭП забезпечують уведення в метал поздовжньої хвилі під кутом 50-100 до площини,перпендикулярної поверхні введення променя.

Для введення ультразвукових коливань у контрольований виріб необхідно виключити можливий повітряний зазор між ПЭП і об'єктом контролю. У протилежному випадку більша частина ультразвукової енергії не ввійде в контрольований виріб, відбившись від повітряного зазору, при цьому падає чутливість контролю.

Тому передача енергії ультразвукових коливань звичайно здійснюється через рідину. Залежно від товщини шару контактної рідини між перетворювачем і виробом розрізняють:

1) контактний спосіб - контактні ПЭП устанавлюються на поверхню виробу, попередньо змазану контактною рідиною (маслом, гліцерином).

2) имерсионный - між поверхнею ПЭП і виробом є товстий шар рідини. Товщина цього шару в багато разів перевищує довжину хвилі. При цьому виріб цілком або частково занурюють в иммерсионную ванну або використовують струмінь води.

3) контактно-иммерсионный спосіб - контактні – иммерсионные ПЭП постачені локальною ванною з еластичною мембраною, що контактує з виробом. У якості иммерсионной рідини в більшості випадків використовують воду, у яку додають інгібітори корозії, а також речовини, що поліпшують змочування. Иммерсионная рідина не повинна містити повітряних пухирців.

4) щілинний метод - передбачає створення між перетворювачем і поверхнею виробу зазору товщиною близько однієї довжини ультразвукової хвилі. Рідина втримується в зазорі силами поверхневого натягу.

5) спосіб сухого контакту - реалізується через сферичну або гостру поверхню наконечника перетворювача. Площа зіткнення $0,01 \dots 0,5 \text{ мм}^2$. Цей тип контакту застосовують в основному в низькочастотних акустичних дефектоскопах, ультразвукових твердомерах і приладах для контролю бетону.

6) безконтактний спосіб - Безконтактні перетворювачі збуджують акустичні коливання в об'єкті контролю через шар повітря або за допомогою електромагнітних, оптико-теплових і ін. явищ.

Безконтактні способи звичайно мають чутливість значно меншу, чому контактні. Иммерсионный спосіб також забезпечує чутливість в 10-100 раз менше контактного.

8.4 Класифікація акустичних методів

Акустичні методи НК підрозділяють на дві більші групи:

1) **Пасивні методи** засновані тільки на прийманні хвиль, джерелом яких служить сам об'єкт контролю. Наприклад – утвір тріщин супроводжується виникненням акустичних коливань.

2) **Активні методи** засновані на випромінювання й прийманні пружних хвиль.

Активні методи ділять на методи відбиття, проходження, комбіновані (тобто методи, що використовують, відбиття й проходження), власних коливань і імпедансніе.

Методи відбиття засновані на аналізі відбиття імпульсів і пружних хвиль від неоднородностей або границь об'єкта контролю.

Методи проходження засновані на впливі параметрів об'єктів контролю на характеристики минулих через нього хвиль.

Комбіновані методи використовують вплив параметрів об'єкта контролю як на відбиття, так і на проходження пружних хвиль.

У методах власних коливань про властивості об'єкта контролю судять по параметрах його вільних або змушених коливань (їх частотам і величині втрат)

В імпедансних методах інформативним параметром служить механічний імпеданс об'єкта контролю в зоні його контакту з перетворювачем.

Активні методи УЗК

Тіньовий амплітудний – заснований на ослабленні минаючих ультразвукових хвиль при наявності усередині деталі дефектів, що створюють ультразвукову тінь.

Імпульсні або безперервні ультразвукові хвилі пропускають крізь плоский ОК від випромінювача до приймача. Якщо між И и П дефектів ні, то хвилі проходять безперешкодно, і на прийманні – сигнал великої амплітуди. Малий дефект (Д) оттеняет частина потоку, і амплітуда на прийманні падає (варіант II). Великий дефект повністю перекриває потік, обнуляя сигнал на прийманні (варіант III). Глибина залягання й розміри дефекту апаратурно не оцінюються.

Необхідний двосторонній доступ до ОК. Метод не дає можливості визначити глибину залягання дефекта. Малочутливий.

Часовий тіньовий метод заснований на вимірі тимчасового запізнювання ультразвукового імпульсу при огибании дефекту

Імпульси ультразвукових хвиль пропускають крізь плоский ОК від випромінювача И до приймача П. Якщо між И и П є дефект Д середньої величини, він оттеняет частина потоку, а бічні промені, що відхиляються, падають на його край, де перетерплюють дифракцію. Потрапляючи в приймач трохи пізніше прямого потоку 1, дифрагированнные промені 2 утворюють окремий слабкий сигнал. По різниці часу приходу сигналів судять про розміри дефекту. Глибина залягання не визначається. Необхідний двосторонній доступ до ОК.

Велосимметрический метод заснований на зміні швидкості пружних хвиль при наявності дефекту.

Крапкові випромінювач і приймач жорстко скріплені. Випромінювач збуджує в плоскому ОК изгибные хвилі Лэмба. Дистанція між осями І і ІІ приблизно дорівнює довжині хвилі. Оскільки фазова швидкість хвиль Лэмба залежить від товщини цілого шару, а дефект ділить цю товщину, то в дефектній зоні фазова швидкість знижується й фаза сигналу на прийманні зрушується щодо фази на випромінюванні. Зрушення фаз указує на дефект.

Луна-Метод.

Імпульс ультразвукових хвиль посилає в ОК. Якщо на його шляху зустрічається дефект, то імпульс частково відбивається від нього й вертається в перетворювач, утворюючи сигнал на прийманні (эхосигнал). Чутливість цього методу набагато вище, чим у тіньового методу. Для виявлення дефекту досить мати однобічний доступ до контрольованого об'єкта.

Головний недолік методу – наявність мертвої зони під датчиком, що не дає можливість проводити діагностику тонких виробів.

Луна-Дзеркальний метод є різновидом луна-методу й застосовується для виявлення дефектів, орієнтованих вертикально до поверхні виробів.

Призначений для оцінки форми й розмірів свідомо виявленого внутрішнього дефекту в плоскому об'єкті. У роздільно-сполученому режимі апаратури дефект опромінюється імпульсами ультразвукових хвиль. Якщо луна в ІІІ лише небагато перевищує луна в ІІ, і обоє сигналу середньої амплітуди (варіант І), припускають круглу форму дефекту. Якщо сигнал в ІІІ потужний, а в ІІ отсутствует (варіант ІІ), припускають плоску форму й похилу орієнтацію. Якщо не вдається одержати луну обома перетворювачами (варіант ІІІ), припускають горизонтальну плоску форму. Якщо луна в ІІ вище, чим в ІІІ (варіант ІV), то дефект плоский вертикальний. Розлучаючи й зближаючи ІІІ і ІІ, по дистанції між ними в позиціях провалля сигналів можна оцінити висоту дефекту.

Дельта метод использует розсіювання УЗК над дефектом.

Даний метод використовує явище дифракції хвиль на дефекті. Випромінюючий пьезопреобразователь озвучує дефект поперечною ультразвуковою хвилею. Частина падаючого на площину дефекту ультразвукового пучка дзеркально відбивається від дефекту ввиде поперечної хвилі c_t . Інша частина дифрагує (розсіюється) у вигляді поперечної хвилі або трансформується (перетвориться) у вигляді поздовжньої хвилі c_l .

Найбільше інтенсивно дифракція виникає на гострих краях дефектів, наприклад, на краях усталостних тріщин.

Дифрагированная поздовжня хвиля може бути прийнята прямим ПЭП, розміщеним над тріщиною.

Ознакою наявності дефекту є поява луна-імпульсу на ПЭП ІІ с амплітудою U_{tl} .

Дифракционно-Тіньовий метод Застосовується аналогічно дельта-методу, але приймання дифрагированных сигналів від країв дефекту

здійснюється прямим датчиком, установленим над дефектом, у тому числі з використанням відбиття від протилежної поверхні ОК.

Луна-Тіньовий метод

Імпульси ультразвукових хвиль посилають в ОК. Якщо на тракті є дефект, то імпульс частково відбивається від нього в сполучений преобразователь (ИП) як ехосигнал. Окремим приймачем (П) оцінюють падіння амплітуди наскрізного сигналу, викликане дефектом. Має якості ехометода + підтвердження дефекту тіньовим принципом, але вимагає двостороннього доступу до ОК.

Дзеркально-тіньовий метод

У сполученому (прямій ИП) або роздільному (похилі И и П) режимі апаратури імпульси ультразвукових хвиль посилають в ОК. Якщо на тракті є дефект, то він перебиває шлях, викликаючи падіння донного сигналу. По падінню донного сигналу судять про наявність і величині дефекту. Необхідний однобічний доступ до ОК, при похилому – виявлення дефектів будь-якої форми й орієнтації. Не дає глибину залягання дефекту.

Луна-Наскрізний метод

Застосовується тільки в металургійній промисловості на виході ліній прокату аркушів. В иммерсионной ванні (контактна рідина – веретенне масло) аркуш на вальцях прокочується між рядами (матрицями) зі сполучених (ИП) і додаткових приймачів (П) перетворювачів. При нормальному стані аркуша (варіант I) спостерігається строго впорядковане розташування луни від границі верхнього шару рідини й ОК (1), від границі ОК і нижнього шару рідини (2) і наскрізного сигналу (3). Варіанти II-IV показують зсув сигналів при влученні в область контролю локальних утонень. Якщо в області контролю виявляється розшарування або захід (варіант V), то між 1-м і 2-м сигналами з'являється потужна луна від нього (4), а сигнали 2 і 3 слабшають аж до обнуління. Ряди ИП і П вибудовуються по всій ширині аркуша. Метод вимагає спеціальної багатоканальної апаратури й застосовується тільки в автоматичному режимі

Реверберационный метод призначений для контролю шаруватий виробів.

У сполученому режимі роботи апаратури імпульс ультразвукових хвиль посилає в шаруватий (клеєний) ОК. Якщо склейка якісна (I), то основна частина імпульсу йде через клей, а мала частка відбивається назад. На поверхні ОК частина цієї частки йде в ИП, утворюючи перший пік, а частина знову глибшається в ОК, і з нею відбувається те ж саме. Тому що основна частка завжди добре проходить углиб ОК, те реверберації у верхньому шарі швидко слабшають і на екрані амплітуда піків убутна. Дефект (Д) типу « не проклеї » перешкоджає відходу сигналу (II), і в цьому випадку реверберації в першому шарі могутніше.

Локальний метод

Використовують для контролю багат шарових неметалічних і композитних матеріалів. Вібратором 2 до крапки об'єкта контролю додають коливання, вироблювані генератором 1. Відповідні коливання ухвалюють

мікрофоном 3. Індикатор 4 покаже різка зміна коливань при розташуванні вібратора над дефектом 5.

Інтегральний метод

Об'єкт контролю (наприклад, залізничне колесо) піддають удару спеціальним молотком 1. Відповідний звук ухвалюють мікрофоном 2 і за допомогою спеціальної апаратури 3 аналізують його частотний спектр. По характеру спектра судять про наявність або відсутність дефектів в ОК.

Інтегральний резонансний метод

Велика ділянка поверхні ОК піддають безперервним коливанням за допомогою вібраторів 1 і покривають алюмінієвою пудрою 2. У зоні дефекту 3 внаслідок резонансу коливання більш активні, і тому осідання пудри менше.

Толщинометрія.

Толщиномер вимірює час t пробігу сигналу до протилежної поверхні ОК і назад і визначає толщину ОК як $h = 0,5C t$, де C – відома швидкість звуку в даному матеріалі.

Імпедансний метод

Прилад збуджує безперервні акустичні коливання у випромінюючої пьезопластині, поміщеної вгорі датчика. Що ухвалює пьезопластина розташована внизу датчика й розділена з випромінюючої сталевим стрижнем. Якщо шаруватий ОК якісно склеєний, то в контакті наконечника з поверхнею ОК він добре демпфірує (загальмовує) приймальню пьезопластину, і більша частка звукової енергії в ній змушено переходити в електричну. Якщо під датчиком дефект (не проклеї), то в цій зоні імпеданс ОК (опір коливанням) менше, демпфірування слабкіше й амплітуда електричного сигналу на прийомній пластині нижче

Пасивні методи УЗК

Акустико-емісійний

Об'єкт контролю піддають механічній нарузі (наприклад, у посудині створюють внутрішній тиск). При цьому тріщини, що розвиваються, підрастають стрибками. При кожному акті підростання (скачці) від вінця тріщини в матеріал випромінюється імпульс акустичної енергії («клацання», емісія). Такі імпульси вловлюються й аналізуються спеціальною апаратурою.

Шумодіагностичний

На працюючих однотипних агрегатах вимірюють амплітудно-частотні характеристики шумів, які порівнюють із такими для еталонного (свідомо бездефектного) агрегату. У випадку кардинальної відмінності від характеристик еталона агрегат виводять із експлуатації.

Шумодіагностичний метод застосовується не тільки на динамічно працюючих агрегатах, але й з метою течейскання на трубопроводах, посудинах і резервуарах. Течі виявляються по шуму, створюваному тертям стікаючої через дефект середовища про його краї.

Видродіагностичний

На працюючих однотипних агрегатах вимірюють характеристики активності вібрації, які порівнюють із такими для еталонного (свідомо бездефектного) агрегату. У випадку кардинальної відмінності від характеристик еталона агрегат виводять із експлуатації.

Вибродіагностический метод використовується як обов'язковий при діагностиці компресорів газопровідних систем у металургійнім виробництві.