

초음파탐상검사 기초 및 응용 (이정기 저)를 참고하여 제작

초음파 탐상검사 개요

초음파 탐상검사(UT)는 원재료 또는 최종 제품에서 발생할 수 있는 결함과 같은 위험 요소를 탐지하기 위해 사용하는 비파괴 검사법입니다.

01 초음파 탐상검사

비파괴 검사 5 요소

초음파 탐상에 사용되는 펄스파

- 펄스파 정의:
 - 펄스파는 일정 주기(반복주파수)와 특정 주파수(발진주파수)를 갖고 있으며, 임의의 파수를 포함한 파형입니다.
- 초음파 센서:
 - 초음파 탐상에 사용되는 센서는 발진주파수에서 공진하여 최대 출력을 낼 수 있도록 설계됩니다.
- 펄스파의 이점:
 - 1회 펄스파를 발생시킨 후 다음 펄스파를 수신할 수 있습니다.
 - 발신파와 반사파를 명료히 구별할 수 있어 단일 센서로 발신과 수신을 모두 수행할 수 있습니다.

초음파 탐상검사는 비파괴 검사법으로서, 펄스파의 사용을 통해 발신파와 반사파를 명확히 구분하며 단일 센서로도 효율적인 검사 수행이 가능합니다.

초음파 탐상검사의 주요 요소

초음파 탐상검사는 여러 요소로 구성되어 있으며, 각 요소는 검사 과정에서 중요한 역할을 합니다. 다음은 초음파 탐상검사의 주요 요소에 대한 설명입니다.

1. 에너지원

- 초음파 탐촉자: 전기적인 펄스를 톤-버스트나 펄스 파의 초음파로 변환시키는 장치로, 주로 압전 재료를 사용한 압전 탐촉자가 많이 사용됩니다.

2. 대상 탐색

- 초음파의 침투: 압전형 탐촉자에서 발생한 초음파가 검사 대상체 내로 침투하여 불연속이나 이상 부위를 찾습니다.
- 결함 탐지: 재료 두께 불충분, 균열, 적층 구조의 층간 접합 불량 등을 탐지합니다. 이러한 결함은 부식, 과부하, 주기적인 부하 등으로 인해 발생할 수 있으며, 검사 대상체 또는 전체 설비의 유용성을 저하시킬 수 있습니다.

3. 재료의 특성

- 초음파의 변환: 초음파는 검사 대상체를 통과하며, 재료 내 입자를 기계적으로 진동시킵니다. 기계적 연속성의 변화가 있다면 초음파의 진행에도 변화를 일으킵니다.
- 산란: 작은 반사체가 많은 경우 초음파는 여러 방향으로 산란됩니다.

4. 검출기

- 변화 감지: 검출기는 대상 탐색 후 일어난 변화를 기록하거나 감지합니다. 변화에는 파동 복사나 기대되지 않은 파동 세기의 변화가 포함됩니다.
- 탐촉자의 역할: 초음파 탐촉자는 초음파 발생뿐만 아니라 수신자의 역할도 수행하며, 초음파 펄스의 세기나 빔 방향의 변화를 확인하기 위해 검사 대상체 외부 표면을 탐상합니다.

5. 화면

- 지시 표시: 초음파 탐상 장비는 수신 탐촉자에 의해 검출된 초음파 펄스의 진폭이 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 표시합니다.
- 그래픽 표현: 정교한 장비는 다수의 수신 탐촉자 정보를 모아 검사 대상체의 단면 또는 전체 부피를 통해 음향적 특성의 변화를 그래픽으로 나타냅니다.

결론

초음파 탐상검사는 초음파 탐촉자, 대상 탐색, 재료의 특성, 검출기, 화면 등 여러 요소로 구성되며, 각 요소는 검사 과정에서 중요한 역할을 합니다. 이를 통해 결함을 정확히 탐지하고 분석하여 검사 대상체의 안전성과 유용성을 평가할 수 있습니다.

02 초음파 탐상기의 기본 구성 요소

펄스 발생기(Pulse Generator)

펄스(Pulse)

- 정의: 파동이나 일정한 주기로 반복되는 현상에서 발생하는 갑작스럽고 강렬한 변화 하나를 말합니다.
- 특징: 펄스는 강렬한 스파이크 형태로 나타나며, 이러한 특성을 통해 초음파를 생성하게 됩니다.
- 작동 원리: 펄스 발생기를 작동시키면, 날카로운 스파이크 펄스가 생성되어 동축 케이블을 통해

탐촉자에 인가됩니다. 이때, 100~1,000V의 높은 전압이 발생하여 압전형 탐촉자에 전달됩니다.

- 디지털 초음파 탐상기*: 최근에는 디지털 초음파 탐상기가 사용되며, 검사 조건에 맞춰 펄스 전압을 조절할 수 있습니다.

펄스의 전압과 초음파 진폭

- 전압 비례성: 일반적으로 압전형 탐촉자에 의해 발생하는 초음파의 진폭은 인가하는 전압에 비례하여 증가합니다.
- 낮은 전압 펄스: 펄스 폭이 짧은 초음파를 발생시켜 인접 결함에 대한 분해능을 향상시킵니다.
- 높은 전압 펄스: 감쇠가 심한 재료에서 더 많이 침투할 수 있는 진폭이 큰 초음파 펄스를 만들어냅니다.

주파수와 탐촉자 보호

- 주파수와 압전 판의 두께: 주파수가 높은 탐촉자의 경우, 압전 판의 두께가 얇기 때문에 높은 전압을 오랜 시간 인가하면 압전 성질을 잃거나 파손될 수 있습니다.
- 주의사항: 높은 주파수의 탐촉자는 인가 전압을 높지 않게 사용하여 탐촉자를 보호하는 것이 중요합니다.

댐핑 (Damping)

댐핑은 초음파 탐상검사에서 펄스의 전기적인 에너지를 탐촉자로 효율적으로 전송하기 위해 필요한 중요한 과정입니다. 이는 탐촉자와 펄스 발생기 회로 사이의 전기적 임피던스를 조정하여 에너지 전송 효율을 최적화하는 역할을 합니다.

원리

- 임피던스 :회로에서 전압이 가해졌을때 전류를 방해하는 값
- 임피던스 매칭: 펄스 발생기 회로의 출력 임피던스가 탐촉자의 전기적인 임피던스와 일치할 때, 전기적인 에너지가 탐촉자로 가장 효과적으로 전송됩니다.
- 보충 저항: 이를 위해 보충적인 저항이 사용되며, 저항 값에 따라 펄스의 감소 정도가 변화합니다. 이 과정을 댐핑이라고 합니다.

댐핑의 역할

- 에너지 전송 효율 향상: 적절한 임피던스 매칭을 통해 전기적인 에너지를 최대한 탐촉자로 전달함으로써 초음파의 진폭과 품질을 향상시킵니다.
- 펄스 특성 조절: 저항 값을 조정함으로써 펄스의 감소 정도를 조절할 수 있으며, 이는 초음파의 지속 시간과 진폭에 영향을 미칩니다.

예시

- 높은 댐핑 저항: 더 짧고 강력한 펄스를 생성하여 고해상도의 이미지를 얻을 수 있습니다.
- 낮은 댐핑 저항: 더 긴 펄스를 생성하여 깊이 있는 검사가 가능합니다.

결론

댐핑은 초음파 탐상검사에서 펄스의 전기적인 에너지를 탐촉자로 효율적으로 전송하기 위해 필수적인 과정입니다. 이를 통해 에너지 전송 효율을 극대화하고, 다양한 검사 조건에 맞춰 초음파의 특성을 조절할 수 있습니다. 따라서, 적절한 댐핑 저항의 선택은 초음파 탐상검사의 정확성과 신뢰성을 높이는 중요한 요소입니다.

펄스 반복 주파수 (PRF)

펄스 반복 주파수(PRF)는 1초 동안 전기적인 펄스를 발생시키는 횟수를 의미하며, 초음파 탐상검사에서 탐상 속도에 직접적인 영향을 미칩니다. PRF는 펄스 반복 주기와 역수 관계에 있습니다.

PRF의 중요성

- 탐상 속도: PRF가 낮을 때 탐촉자의 스캔 속도가 빠르면 검사 대상체의 시험 적용 범위가 떨어집니다. 이는 자동 검사를 위한 초음파 장비에서 탐촉자의 이송 속도를 결정하는 중요한 인자가 됩니다.

분해능 : 서로 떨어져 있는 두 물체를 서로 구별할 수 있는 능력

PRF의 계산

최소 펄스 반복 주파수(PRF)는 다음과 같이 계산됩니다:

$PRF = \text{스캐너 속도} / \text{분해능}$

예시

- 예시: 최대 300mm/s의 스캐너를 이용하여 2mm 이하의 분해능을 갖는 초음파 탐상 데이터를 얻고자 할 때, 최소 펄스 반복 주파수는 150Hz 이상이어야 합니다.

$$300 / 2 = 150\text{Hz}$$

이와 같이, 적절한 PRF 설정은 초음파 탐상검사의 정확성과 효율성을 높이는 데 필수적입니다.

펄스 형식

초음파 탐상 검사에서 사용되는 펄스는 여러 형식을 가질 수 있으며, 각 형식은 특정 응용 분야에서 효과적입니다.

1. 스파이크 펄스:

- 일반적 사용: 많은 초음파 탐상기의 펄스 발생기는 스파이크 펄스를 생성합니다.
- 특징: 스파이크 펄스는 짧고 강렬한 전기적 신호로, 다양한 재료에서 일반적인 탐상에 사용됩니

다.

2. 사각형 펄스:

- 효과적 검사: 사각형 펄스를 압전형 탐촉자에 인가하면 보다 높은 진폭의 초음파를 발생시킬 수 있습니다.
- 감쇠가 심한 재료: 감쇠가 심한 재료에서 효과적인 검사를 수행할 수 있습니다.
- 전기적 펄스 폭: 전기적 펄스 폭은 사용하는 초음파 탐촉자 내 압전 판의 고유진동 주기의 1/2에 맞추어야 합니다. 이를 통해 큰 진폭의 초음파 펄스를 만들어낼 수 있습니다.
- 공식: 펄스 폭(PW) = $1/2 * \text{탐촉자의 공진주파수(중심주파수)}$

요약

- 스파이크 펄스는 일반적인 초음파 탐상 검사에 사용됩니다.
- 사각형 펄스는 높은 진폭의 초음파를 생성하여 감쇠가 심한 재료에서 효과적입니다.
- 전기적 펄스 폭을 탐촉자의 고유진동 주기의 1/2에 맞추는 것이 중요합니다.

증폭기

탐촉자에 도달된 초음파 펄스는 전기적인 신호로 변환되며, 이러한 신호는 매우 약함. 이를 장비 화면에 표시할 수 있을 정도로 신호를 키우는 기능을 하는 것이 ****증폭기****임.

증폭기 기능

1. 신호 증폭:

- 목적: 약한 전기 신호를 키워 장비 화면에 알아볼 수 있게 함.
- 문제점: 신호 증폭 시 잡음도 함께 증폭됨.

2. 필터 기능:

- 목적: 원하는 신호를 키우고 잡음을 억제하여 신호 대 잡음 비(SNR)를 향상시킴.
- 방법: 필터를 사용하여 신호에서 잡음을 줄임.

3. 배제 기능:

- 목적: 임상예코와 같은 잡음 신호를 화면에 나타나지 않도록 함.
- 주의사항: 배제 기능이 활성화되면 신호의 증폭 직선성이 보장되지 않으므로, 장비의 증폭 직선성을 점검하거나 게인 조정을 정확하게 할 필요가 있을 때에는 배제 기능을 사용하지 않아야 함.

요약

- 초음파 신호 변환**: 탐촉자가 초음파 펄스를 전기 신호로 변환.

- 증폭기 역할: 약한 전기 신호를 증폭하여 화면에 표시.
- 필터 기능: 잡음을 억제하고 원하는 신호를 키워 SNR 향상.
- 배제 기능: 잡음 신호를 화면에 나타나지 않게 하여 신호 식별을 용이하게 함, 단 증폭 직선성을 점검할 때는 비활성화 필요.

초음파 탐상기에서의 신호 증폭

- 표현 방식: 주로 dB(데시벨) 단위를 사용하며, $20 \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right)$ 로 정의됩니다.
- 실용성: dB 단위는 증폭률을 효율적으로 표현하고 비교하는 데 유용합니다. ### 초음파 탐상기에서의 신호 증폭

초음파 탐상기에서 신호의 증폭은 **게인(증폭률)**에 의해 조절됩니다. 게인은 신호의 증폭 정도를 상대적인 값으로 나타내며, 주로 dB(데시벨) 단위를 사용합니다.

증폭률의 표현 방식

1. 선형적 표현: 증폭률을 퍼센트(%)로 나타내는 방식입니다.
2. 대수적 표현: 증폭률을 데시벨(dB)로 나타내는 방식입니다. 많은 초음파 탐상기에서 이 방식을 사용합니다.

dB로 표현된 게인의 정의

게인은 상용로그 함수에 의해 다음과 같이 정의됩니다:

$$dB = 20 \log(A / A_0)$$

여기서:

- A_0 는 기준 신호 진폭
- A 는 비교하는 신호의 진폭

예시

- 기준 신호 진폭(A_0): 예를 들어, 기준 신호 진폭이 1V라고 할 때
- 비교 신호 진폭(A): 비교하는 신호 진폭이 10V라면

계산:

이 예시에서 신호는 기준 신호에 비해 20 dB만큼 증폭되었음을 의미합니다.

요약

- 게인: 초음파 탐상기에서 신호 증폭을 조절하는 요소.
- 표현 방식: 주로 dB(데시벨) 단위를 사용하며, $dB=20\log(A/A_0)$ 로 정의됩니다.
- 실용성: dB 단위는 증폭률을 효율적으로 표현하고 비교하는 데 유용합니다.

필터 (Filter)

수신 탐촉자의 수신 신호에는 원하지 않는 잡음도 포함될 수 있습니다. 이 잡음이 증폭되면 원래의 신호와 함께 잡음도 커지기 때문에, 신호의 품질을 떨어뜨릴 수 있습니다. 필터는 이러한 잡음을 줄이고, 원하는 신호를 강화하여 신호대잡음비(SNR)를 향상시키기 위해 사용됩니다.

대역 통과 필터 (Band Pass Filter)

- 기능: 필터는 탐촉자의 주파수를 중심으로 한 대역 통과 필터를 사용하여 신호를 정제합니다.
- 목적: 원하지 않는 잡음을 제거하고, 필요한 주파수 대역의 신호만을 통과시킵니다.

조절 가능한 필터 대역폭

최신 초음파 탐상기에는 필터의 대역폭을 조절할 수 있는 기능이 있습니다. 이는 펄스의 댐핑을 조절하는 것과 함께 사용되며, 이를 통해 분해능을 높이면서도 SNR을 개선할 수 있습니다.

- 대역폭 조절: 필터의 대역폭을 조절하여 최적의 신호를 얻고, 필요한 주파수 대역을 중심으로 신호를 강화합니다.
- 분해능과 SNR 향상: 필터와 댐핑 조절 기능을 함께 사용하면, 높은 분해능과 신호대잡음비를 동시에 달성할 수 있습니다.

이와 같이 필터를 적절히 사용하면 초음파 탐상 검사의 신뢰성과 정확성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

정류기

전파 정류와 반파 정류, 그리고 TOFD

전파 정류 (Full-wave Rectification)

- 특징: 전파 정류는 입력 신호의 모든 부분을 양의 신호로 변환함. 즉, 신호의 양의 반주기와 음의 반주기 모두를 양의 반주기로 변환하여 사용함.
- 장점: 신호의 위상과 무관하게 신호의 진폭만을 이용하여 평가할 때 유리함. 이는 신호의 에너지

지를 최대한 활용할 수 있게 해줌.

- 사용 사례: 주로 신호의 진폭을 중시하는 검사에서 사용됨.

반파 정류 (Half-wave Rectification)

- 특징: 반파 정류는 입력 신호의 양의 반주기만을 사용하고 음의 반주기는 제거함.
- 장점: 신호가 급격하게 상승하므로 신호의 도달 시간과 결함의 위치를 정확하게 평가할 수 있음. 이는 시간 민감도가 중요한 검사에서 유리함.
- 사용 사례: 결함의 위치를 정확하게 파악해야 하는 검사에서 사용됨.

TOFD (Time of Flight Diffraction)

- 특징: TOFD는 초음파 신호의 도달 시간(Time of Flight)과 회절(Diffraction) 현상을 이용하여 결함을 검출하는 비파괴 검사 방법임.
 - RF 신호 사용: TOFD는 신호의 위상을 이용하여 결함을 분석하므로, 정류하지 않은 RF 신호를 사용함. 이는 신호의 원래 위상 정보를 유지하게 해줌.
- RF 신호 : 정류되지 않은 원래 전기적 신호
- 장점: TOFD는 결함의 크기, 위치, 그리고 형상을 고해상도로 검출할 수 있음. 특히 깊이와 길이에 대한 정확도가 높음.
 - 사용 사례: 용접부 검사, 배관 검사 등에서 주로 사용됨.

요약

- 전파 정류: 모든 신호를 양의 신호로 변환하며, 진폭 평가에 유리.
- 반파 정류: 양의 신호만을 사용하여 신호 도달 시간과 결함 위치 평가에 유리.
- TOFD: 초음파의 도달 시간과 회절을 이용하여 결함을 고해상도로 검출하며, 정류하지 않은 RF 신호를 사용함.

배제

산란이 심한 재료의 경우 결정립 경계면에서 산란되는 임상에코는 필터를 사용해도 제거되지 않음. 이러한 신호들은 결함 신호의 식별에 혼란을 일으킬 수 있음.

배제 기능

- 목적: 임상에코와 같은 잡음 신호를 화면에 나타나지 않게 함으로써 결함 신호의 식별을 용이하게 함.
- 주의사항: 배제 기능이 활성화되면 신호의 증폭 직선성이 보장되지 않음.
- 증폭 직선성: 장비의 증폭 직선성을 점검하거나 정확한 게인 조정을 할 때에는 배제 기능을 사

용하지 않아야 함.

요약

- 임상एको 문제: 산란이 심한 재료에서 필터로 제거되지 않는 잡음 신호가 있음.
- 배제 기능: 잡음 신호를 화면에 나타나지 않게 하여 결함 신호 식별을 도와줌.
- 사용 시 주의사항: 신호 증폭 직선성을 보장하기 위해 배제 기능을 비활성화해야 하는 경우도 있음.

영상 표시 장치

A-스캔 표시

A-스캔은 초음파 탐상기에서 가장 일반적인 영상 표시 방식으로, 수직 축은 신호의 세기(진폭)를, 수평 축은 시간을 나타냄. 이 방식은 특정 기준점에서 시간이 지남에 따라 진폭의 변화를 보여줌.

A-스캔 화면의 가로 축 조절 기능

1. 속도:

- 설명: A-스캔의 수평 축은 시간을 나타내지만 실제로는 거리를 반영하도록 설정됨. 이는 초음파 속도와 시간을 곱하여 표시한 결과임.
- 설정**: 초음파 속도는 재료에 따라 다르므로, 정확한 검사를 위해 검사 대상체의 재료에 맞는 속도 값으로 설정해야 함.

2. 범위:

- 설명: A-스캔 화면의 가로 축 위치는 반사체의 거리에 대응되며, 가로 축 전체는 초음파에 의해 측정할 수 있는 최대 거리를 나타냄.
- 조절: 검사 대상체의 크기에 따라 범위를 조절하여 최대 거리까지 측정할 수 있음.

3. 0점 맞춤:

- 설명: 탐촉자의 보호막, 접촉매질, 케이블, 웬지 등에 의해 탐촉자에 전기적인 펄스가 인가되는 순간과 탐촉자에서 초음파가 검사 대상체에 들어가는 순간이 일치하지 않음.
- 보정: 0점 조절 기능을 사용하여 이러한 불일치를 보정함.

4. 시간 지연:

- 설명: 화면을 전체적으로 이동시키는 기능으로, 수침법이나 지연 팁을 장착한 탐촉자의 경우 탐촉자 면에서 검사 대상체 탐상면까지 초음파가 진행한 거리는 무의미함.
- 조절: 시간 지연을 조절하여 신호를 표시하면 관심 영역을 더 자세히 볼 수 있는 장점이 있음.

요약

- A-스캔: 신호의 세기(진폭)를 시간에 따라 나타내는 초음파 탐상기 영상 표시 방식.
- 속도 조절: 검사 대상체 재료의 초음파 속도에 맞춰 설정하여 정확한 거리 측정.
- 범위 조절: 검사 대상체 크기에 맞춰 A-스캔 화면의 가로 축 범위를 조절.
- 0점 맞춤: 전기적 펄스와 초음파 진입 시점의 불일치를 보정.
- 시간 지연: 화면 이동을 통해 무의미한 거리 제외, 관심 영역을 자세히 관찰.

B-스캔 표시

B-스캔은 탐촉자의 1차원적인 이동에 따른 초음파 신호의 반응을 나타내는 방식임. 일반적으로 초음파 신호의 도달 시간을 초음파 정보로 사용하여 검사 대상체와 관련된 반사체의 단면 형상을 나타냄.

주요 특징

1. 단면 형상:

- 설명: 초음파 신호의 도달 시간을 이용하여 반사체의 단면 형상을 나타냄.
- 응용: 검사 대상체의 내부 구조를 시각적으로 파악하는 데 유용함.

2. 3차원 영상 구성:

- 설명: B-스캔 영상을 탐촉자의 이송 방향과 수직인 방향으로 옮기면서 획득한 정보를 사용하여 3차원 영상을 구성할 수 있음.
- 응용: 특정 영역의 상세한 3차원 구조를 파악할 때 사용.

3. 반사체 정보:

- 설명: B-스캔 결과는 반사체의 위치, 크기, 형상을 결정하는 데 필요한 정보를 충분히 제공함.
- 응용: 결함의 위치, 크기, 형상을 정확히 분석할 수 있음.

요약

- B-스캔: 탐촉자의 1차원적인 이동에 따른 초음파 신호의 반응을 나타내며, 반사체의 단면 형상을 제공.
- 단면 형상: 초음파 신호의 도달 시간을 이용해 검사 대상체의 단면 형상을 시각화.
- 3차원 영상: 여러 B-스캔 영상을 조합하여 3차원 영상을 구성할 수 있음.
- 반사체 정보: 반사체의 위치, 크기, 형상을 정확히 파악하는 데 유용함.

C-스캔 표시

C-스캔은 탐촉자를 2차원적으로 움직여 검사 대상체의 관심 영역을 검사하고, 초음파 신호를 일정한 간격으로 획득하여 2차원적인 영상을 만드는 방식임. 이를 위해 자동화된 기계적 위치 제어 장치를 사용함.

주요 특징

1. 2차원 영상 구성:

- 설명: 탐촉자를 2차원적으로 움직여 획득한 초음파 신호를 바탕으로 2차원 영상을 만듦.
- 방법: 자동화된 기계적 위치 제어 장치를 사용하여 일정한 간격으로 초음파 신호를 획득.

2. 신호 변환:

- 설명: 수신된 초음파 신호를 색깔 또는 회색조의 농도로 전환함.
- 기반: A-스캔 데이터를 기반으로 하여, 펄스 진폭 또는 도달 시간에 근거한 신호 기준을 사용함.

회색조 :검은색과 흰색의 두 색만을 가지고 있다

3. 진폭과 깊이 정보:

- 설명: C-스캔 영상은 초음파 신호의 진폭에 의해 형성되므로, 반사체의 깊이에 대한 정보는 제공하지 않음.
- 보완: 깊이 정보를 얻기 위해 A-스캔 신호를 함께 저장하여 사용하기도 함.

4. 측면 분해능:

- 설명: C-스캔에서 중요한 점은 같은 깊이에 있는 인접된 반사체를 식별할 수 있는 능력임.
- 결정 요인: 측면 분해능은 관심 깊이에서 초음파 빔의 폭과 스캔 간격에 의해 결정됨.
- 초음파 빔의 폭: 초음파 중심의 음압보다 6dB 떨어진 지점의 간격으로 결정함.

5. 결함 크기 대응:

- 설명: C-스캔 영상의 결과가 결함의 실제 크기에 대응되도록 하기 위해 초음파 빔의 폭을 작게 해야 함.

요약

- C-스캔: 2차원적으로 탐촉자를 움직여 초음파 신호를 획득하고 2차원 영상을 만듦.
- 신호 변환: 수신된 초음파 신호를 색깔 또는 회색조의 농도로 변환.
- 진폭과 깊이 정보: C-스캔은 진폭 정보만을 제공하며, 깊이 정보는 A-스캔 신호를 통해 보완.
- 측면 분해능: 같은 깊이의 인접 반사체를 식별하는 능력, 초음파 빔의 폭과 스캔 간격에 의해 결정.
- 결함 크기 대응: 초음파 빔의 폭을 작게 하여 C-스캔 결과가 결함의 실제 크기에 대응되도록 함.

03 초음파 탐상 장비의 다른 기능

게이트

게이트는 설정한 일정 범위에 나타나는 반사 신호의 진폭이 사전에 설정된 기준 값 이상인지 또는 이하인지를 알려 주는 기능을 의미함. 이는 작업자가 연속적으로 화면을 관찰하는 부담을 줄여주는 역할을 함.

주요 특징

1. 자동 검사 지원:

- 설명: 게이트는 특히 자동 검사장치에 사용되는 초음파 탐상 장비에서 필수적으로 요구됨.
- 기능: 반사 신호의 진폭이 설정된 기준 값 이상인지 이하인지를 자동으로 감지하여 알림.

2. 위치와 범위 조절:

- 설명: 게이트의 위치와 범위는 사용자가 조절할 수 있음.
- 기능: 다양한 검사 조건에 맞추어 게이트를 설정할 수 있어 유연한 검사 가능.

3. 문턱 값 설정:

- 설명: 게이트의 문턱 값(반사 신호의 진폭 기준 값)을 설정할 수 있음.
- 기능: 기준 값에 따라 반사 신호를 평가하여 검사 결과를 도출.

4. 다중 게이트 기능:

- 설명: 여러 개의 게이트를 동시에 설정하고 작동할 수 있는 장비들도 있음.
- 기능: 다양한 검사 구역을 동시에 모니터링할 수 있어 효율적임.

요약

- 게이트 기능: 설정 범위 내 반사 신호의 진폭을 기준 값과 비교하여 작업자의 모니터링 부담을 줄여줌.
- 자동 검사 지원: 자동 검사장치에서 필수적이며, 자동으로 신호를 감지하여 알림.
- 조절 가능: 게이트의 위치, 범위, 문턱 값 조절 가능.
- 다중 게이트: 여러 게이트를 동시에 설정, 작동 가능하여 효율적인 검사 가능.

DAC 및 TCG 회로

초음파 탐상 검사에서 반사체와 탐촉자 사이의 거리에 따라 반사 신호의 진폭이 변화하기 때문에, 일정한 문턱 값을 유지하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 두 가지 방법을 사용할 수 있다.

해결방법

1. 스위프 전압에 따른 문턱 값 조절:

- 설명: 스위프 전압에 따라 감소하는 반응 전압을 사용하여 거리에 의존하는 문턱 값을 설정함.

2. 거리에 따른 증폭률 증가:

- 설명: 반사 신호의 거리 법칙을 이용하여 거리에 따라 증폭률을 증가시키는 방법.

1. 실증적 조절

- 절차:

1. 다른 깊이에 같은 크기의 인공 결함을 가진 시험편을 사용함.
2. 각 인공 결함으로부터 얻은 반사 신호의 피크를 화면에 표시함.
3. 이 반사 신호들에 잘 들어맞도록 조절함.
4. 가장 높은 진폭의 반사 신호를 화면에 80% 높이로 조절함.
5. DAC 기능을 활성화하면 깊이가 다른 인공 결함에 의한 반사 신호의 진폭이 화면에 80% 높이가 되도록 거리에 따라 신호를 증폭함.

2. DGS 방법을 활용한 조절

- 원리: 시간에 따라 신호를 증폭하기 위한 적절한 보정 기능은 탐촉자의 음장 특성을 사용하여 설정됨.

- 절차:

1. 시험 대상 재료의 감쇠계수, 탐촉자의 주파수 및 유효 지름에 대한 적절한 변수를 선택함.
2. 표준 DGS 곡선을 사용하여 반사 신호에 대한 거리 보상을 자동으로 수행함.
3. 시간에 따라 연속적으로 증폭률의 변화를 주는 TCG(시간 교정 증폭)를 적용할 수 있음.

요약

- DAC (Distance Amplitude Correction): 거리 변화에 따라 신호 진폭을 조절하여 일정한 문턱 값을 유지하는 방법.
- TCG (Time Corrected Gain): 시간에 따라 증폭률을 조절하여 반사 신호의 진폭을 일정하게 유지하는 방법.
- 실증적 조절: 시험편을 사용하여 실제 반사 신호를 기준으로 조절.
- DGS 방법: 음장 특성과 표준 DGS 곡선을 사용하여 자동으로 거리 보상을 수행하고 TCG를 적용함.

초음파 두께 측정

적분 방법

적분 방법은 다음과 같은 방식으로 노정 시간을 측정합니다:

- 적분 방법: 적분 방법은 다중 반사 신호에서 연속적인 두 반사 신호 또는 인위적으로 만들어진 0점과 첫 번째 반사 신호 사이의 시간을 측정하는 방법입니다. 이 방법은 아날로그 신호 처리 과정에 의존하며, 전기적인 간섭과 구성품의 전기적인 조건에 민감할 수 있습니다.

디지털 방식의 계수 방법

디지털 방식의 계수 방법은 아날로그 방식의 문제점을 해소하고 다음과 같은 과정으로 작동합니다:

1. 계측 시작과 계측 멈춤 펄스:

- 계수 방법에서는 계측 시작 펄스와 계측 멈춤 펄스를 사용하여 노정 시간을 측정합니다. 계측 시작 펄스는 인위적으로 만들어지고 송신 펄스와 결합됩니다. 계측 멈춤 펄스는 첫 번째 반사 신호입니다.

2. 계수 회로:

- 전기적인 진동자에서 발생된 펄스의 수를 계수하는 회로입니다. 이 회로는 계측 시작과 끝 점 사이 동안 전기적인 진동자에서 발생된 펄스의 수를 측정합니다.

3. 디지털 표시장치 또는 저장 장치로 출력:

- 계수된 결과는 디지털 표시장치에 표시되거나 저장 장치에 저장됩니다. 이를 통해 정확한 측정 결과를 신속하게 확인하거나 장기적으로 기록할 수 있습니다.

장점

- 안정성: 디지털 방식은 아날로그 방식에 비해 전기적인 간섭에 덜 민감합니다.
- 정확성: 계수 방법은 정밀한 측정을 가능하게 하며, 0점 오차와 같은 문제를 해결할 수 있습니다.
- 편리성: 디지털 표시장치를 통해 실시간으로 결과를 확인할 수 있고, 데이터를 쉽게 저장하고 관리할 수 있습니다.

이러한 방법들은 초음파 두께 측정의 정확성과 효율성을 높이기 위해 중요한 역할을 합니다.

보조장치와 기록방법

TOFD 기법을 포함한 최신 자동 검사 장비들은 많은 분야에서 사용되고 있습니다. 특히 용접주 검사에서 TOFD 기법이 널리 사용되고 있습니다. 이러한 장비들은 다양한 데이터를 생성하며, 이 데이터들은 현대적인 컴퓨터를 사용하여 전체적으로 기록 및 관리할 수 있습니다.

A-스캔, B-스캔, C-스캔의 기록 방법

1. A-스캔:

- A-스캔은 초음파 탐상 결과를 기록하는 한 가지 방법입니다. 일반적으로 A-스캔은 화면의 신호를 사진기로 찍거나 디지털 장비의 보조적인 기록 장치를 사용하여 기록될 수 있습니다.
- A-스캔은 탐촉자의 위치 정보가 없기 때문에 기록 수준이 낮을 수 있습니다.

2. B-스캔 및 C-스캔:

- B-스캔과 C-스캔은 탐촉자의 위치 정보를 지니고 있으며, 일반적으로 기계적인 장치에 의해 만들어집니다. 이들은 초음파 탐상 장비의 자동 검사 기능을 통해 생성됩니다.
- B-스캔은 탐촉자의 1차원적인 이동에 따른 반응을 나타내며, 일반적으로 2차원적인 이미지를 생성합니다.
- C-스캔은 탐촉자를 2차원적으로 움직여서 획득한 초음파 신호를 통해 2차원적인 영상을 생성합니다.

기록 방법의 차이

- A-스캔 기록:

- A-스캔은 신호의 변화를 그래프로 기록합니다. 주로 신호의 강도(진폭)와 시간의 관계를 나타내며, 위치 정보는 포함되지 않습니다.

- B-스캔 및 C-스캔 기록:

- B-스캔과 C-스캔은 탐촉자의 위치 정보를 포함하며, 탐촉자가 검사 대상체를 따라 이동하면서 획득한 데이터를 그래픽 형태로 기록합니다.
- 이들 방법은 특히 검사 대상체의 형상, 크기, 위치 등을 정밀하게 평가할 수 있습니다.

요약

각각의 스캔 방법은 다양한 기록 방식을 사용하여 데이터를 저장하고 관리합니다. A-스캔은 신호의 시간적 변화를 기록하며, B-스캔과 C-스캔은 추가적인 기계적 장치를 사용하여 위치 정보를 포함한 더욱 정밀한 데이터를 생성합니다. 이러한 기록 방법들은 검사의 목적과 요구에 따라 선택되어 사용됩니다.

04 디지털 초음파 탐상 장비의 특징

디지털 초음파 탐상기에서 디지털이징이란 아날로그 초음파 신호를 일정한 시간 간격으로 샘플링하여 디지털 데이터로 변환하는 과정을 말합니다. 이 과정에서 중요한 개념 중 하나가 디지털이징 주파수(샘플링 률)입니다. 디지털이징 주파수는 데이터를 샘플링하는 주파수로서, 추출된 데이터의 시간 간격의 역수로 정의됩니다.

디지털이징 주파수의 중요성

디지털 초음파 탐상기에서 신호의 진폭 왜곡을 줄이기 위해서는 충분히 높은 디지털이징 주파수가 필요합니다. 디지털이징 주파수가 낮으면 신호를 정확히 샘플링하지 못하고, 결과적으로 신호의 진폭이나 시간에 오차가 발생할 수 있습니다. 특히 진폭 오차를 1% 이하로 줄이려면 디지털이징 주파수는 탐촉자의 주파수보다 충분히 높아야 합니다.

ISO 표준에 따른 디지털이징 주파수 요구 사항

ISO 표준에서는 디지털이징 주파수는 사용하는 초음파 주파수의 6배 이상이 되어야 한다고 명시하고 있습니다. 이는 디지털이징 주파수가 충분히 높아야 함을 의미합니다. 예를 들어, 탐촉자의 중심 주파수가 5MHz일 경우, 디지털이징 주파수는 적어도 30MHz 이상이 되어야 합니다.

주의할 점

디지털이징 주파수를 높이는 것은 신호의 정확도를 향상시키지만, 파일 크기가 커지고 데이터 취득 속도가 떨어지는 단점이 있습니다. 따라서 디지털이징 주파수를 선택할 때에는 신호의 정밀도와 데이터 처리의 효율성을 모두 고려해야 합니다.

결론적으로, 디지털 초음파 탐상기에서는 신호의 진폭 오차를 줄이기 위해 ISO 표준에 따라 충분히 높은 디지털이징 주파수를 설정하는 것이 중요합니다.

응답 속도 지연

디지털 초음파 탐상기는 신호 처리 과정에서 발생하는 시간 지연으로 인해 실시간 응답 속도가 아날로그 탐상기보다 느릴 수 있습니다. 아날로그 탐상기에서는 증폭된 신호가 즉시 CRT 화면에 표시되지만, 디지털 초음파 탐상기는 증폭된 신호를 먼저 디지털 데이터로 변환하고 처리한 후에 화면에 나타납니다.

신호 처리 과정의 시간 지연

1. 신호 증폭과 디지털이징: 디지털 초음파 탐상기에서는 증폭기를 거친 후 신호를 아날로그-디지털 변환기(ADC)로 변환합니다. 이 변환 과정에서 샘플링이 이루어지며, 이후 디지털 신호 처리를 거쳐 화면에 나타나게 됩니다.

2. 시간 지연: 이러한 디지털 처리 과정 때문에 아주 작은 결함을 탐지할 때 문제가 발생할 수 있습니다. 탐촉자가 너무 빨리 이송되어 결함 신호의 진폭이 작아지거나, 잘 보이지 않을 수 있습니다. 이는 신호 처리 시간과 탐촉자 이송 속도의 조화가 필요함을 의미합니다.

데이터 취득 속도에 영향

디지털 초음파 탐상기는 고해상도의 데이터를 취득할 수 있지만, 이는 처리 시간이 필요하다는 점에서 실시간 응답 속도에서 약간의 지연이 발생할 수 있습니다. 따라서 결함이나 중요한 신호를 실시간으로 감지해야 할 경우, 탐촉자의 이송 속도를 신호 처리 속도에 맞추어야 합니다.

요약

디지털 초음파 탐상기의 신호 처리 과정에서 발생하는 시간 지연은 실시간 데이터 표시에 영향을 미칠 수 있습니다. 이는 특히 작은 결함을 탐지할 때 중요한 요소이며, 이를 해결하기 위해서는 신호 처리 속도와 탐촉자 이송 속도를 조정하여 적절히 맞추는 것이 필요합니다.

장비 설정과 데이터 저장

디지털 초음파 장비가 아날로그 초음파 장비보다 설정 관리와 데이터 관리에서 더 효율적인 이유는 몇 가지가 있습니다:

1. 탐상 조건 설정의 편리성: 디지털 초음파 장비는 내부 저장 장치에 특정 탐상 조건을 저장할 수 있습니다. 이는 사용자가 특정 검사를 위해 필요한 설정을 한 번 저장하면 나중에 같은 설정을 손쉽게 불러와 사용할 수 있다는 것을 의미합니다. 따라서 장비를 새로 설정하는 불편함을 줄일 수 있습니다.

2. A-스캔 데이터 저장: 디지털 초음파 장비는 탐상된 A-스캔 데이터를 내부 저장 장치에 저장할 수 있습니다. 이는 나중에 재분석하거나 다른 부위의 결과와 비교 분석하는 데 유용합니다. 예를 들어, 같은 장비로 여러 위치에서의 검사를 수행하고 그 결과를 비교하여 더 정확한 평가를 할 수 있습니다.

3. 데이터 관리와 분석 효율성: 저장된 데이터는 디지털 형식으로 관리되기 때문에 컴퓨터나 다른 디지털 장치에 쉽게 전송하거나 저장할 수 있습니다. 이는 데이터를 보다 효율적으로 관리하고, 필요한 경우에는 다양한 분석 도구를 사용하여 데이터를 다시 검토하거나 분석할 수 있는 장점을 제공합니다.

따라서 디지털 초음파 장비는 설정 관리와 데이터 관리 면에서 아날로그 장비보다 훨씬 편리하고 유연하게 사용할 수 있는 장점이 있습니다.