

용접부 초음파 탐상에서 deconvolution을 이용한 균열신호와 기하학적 반사신호의 식별

송성진*, 김준영*, 김영환*

2006년 3월 7일

요 약

용접부 초음파 사각탐상은 용접루트부나 counter bore와 같은 비관련 신호를 발생하는 기하학적 반사체로 인하여 신호의 식별이 매우 어렵다. 본 연구는 이와 같은 상황에서 신호를 식별하는 새로운 기법을 제안하고자 한다. 본 기법은 4단계로 되어있다. 1) 기준신호 및 대상신호의 획득 2) 신호의 정규화 3) 기준신호에 의한 대상신호의 디컨볼루션 4) 디컨볼루션 결과(유사함수)의 패턴에 의한 기하학적 반사체와 결함신호의 식별. 본 논문에서 얻어진 결과는 제안하고 있는 기법이 기하학적 반사체와 노치 모서리부와 높은 식별 성능을 가지고 있음을 반증한다.

1 서론

기계나 설비들의 조립을 위해 널리 사용되는 용접은 모재의 미소 재질변화와 열화(degradation)를 동반하여 재료가 반복하중이나 충격하중에 취약한 성질을 가지게 하며, 용접공정 중에 발생할 수 있는 균열 등의 결함은 부품의 수명을 급속히 단축시키는 요인으로 작용한다.¹

그림 1은 실제 용접부에서 초음파 사각탐상을 수행했을 때 획득되는 신호를 나타내고 있는데, 보이는 것처럼 매우 복잡한 형태를 띠고 있다. 그 이유는 용접부의 기하학적인 구성에 기인한다. 즉, 용접부는 균열과 같은 치명적인 결함에 의한 신호뿐만 아니라, 기하학적 반사체인 counter bore나 용접 루트부와 같은 비관련지시에 의한 신호가 뒤섞여 검출되기 때문이다[1].

*성균관대학교 기계공학부

¹따라서 용접 부에 존재하는 결함을 검출하고 그 영향을 정량적으로 평가하는 것이 설비나 부품의 기계적 성능 보장을 위해 필수적인 단계로 인식되고 있다.

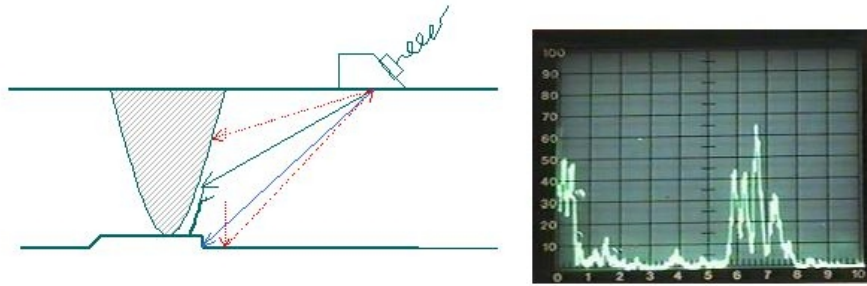


그림 1: Ultrasonic testing from welded joints. (a) geometry of testing, (b) ultrasonic A-scan signal

이와 같은 신호를 검출하고 정확히 해석하는 것이 비록 어려운 일이지만, 초음파 비파괴검사의 신뢰도를 향상시키기 위해서는 반드시 수행해야 할 필수적인 과정이기 때문에, 이에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다.

2 이론적 배경

2.1 컨볼루션과 디컨볼루션

일반적으로 자연계의 많은 현상은 컨볼루션계(convolution system)로 표현할 수 있다[2]. 이 컨볼루션계를 식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$h(t) = \int g(\tau)f(t - \tau)d\tau = f(t) * g(t) \quad (1)$$

여기서 *는 컨볼루션(convolution)을, $f(t)$, $h(t)$, $g(t)$ 는 각각 시간대역 입력, 출력 및 응답함수를 나타낸다. 보통 식 (1)을 컨볼루션 적분(convolution integral)이라 하는데, 이는 자연계를 기술하는 중요한 수단으로 이용된다. 식 (1)을 선형계(linear system)에 대한 주파수대역(frequency domain)으로 표현하면 식 (2)와 같다.

$$H(\omega) = G(\omega)F(\omega) \quad (2)$$

여기서 $H(\omega)$, $G(\omega)$, $F(\omega)$ 는 각각 주파수대역 입력, 출력 및 시스템 응답의 주파수 특성이다. 이때, 디컨볼루션(deconvolution)은 시스템응답인 $g(t)$ 를 구하는 방법으로, 식 (2)에서 $G(\omega)$ 를 식 (3)과 같이 변환한 후, 이를 역푸리에변환(inverse Fourier transform)하면 된다.

$$G(\omega) = \frac{H(\omega)}{F(\omega)} \quad (3)$$

그러나 식 (3)에서 때때로, 분모 $F(\omega)$ 의 값이 매우 작아지면 영(零)으로 나뉘게 되어 그 값이 발산하게 된다. 또한, 디킨볼류션 과정은 노이즈에 매우 민감하여 결과를 매우 큰 값으로 보여주기도 한다. 이를 해결하기 위한 디지털 필터 중의 하나로, 본 연구에서는 Wiener filter를 사용하여 이를 해결하였으며, 식 (3)을 식 (4)와 같이 바꾸어 사용하였다.

$$G(\omega) = H(\omega) \frac{F(\omega)^*}{|F(\omega)|^2 + \epsilon^2} \quad (4)$$

3 결론

본 논문에서는 용접부 초음파 탐상에서 디킨볼류션을 이용한 균열신호와 기하학적 반사신호를 식별하는 새로운 기법을 제안하였다. 이 기법을 본 연구에서는 TIFD라고 명명하였다.

신호식별은 유사함수라고 정의한 디킨볼류션 결과를 분석함으로써 가능하며, 같은 종류의 신호에 대한 유사함수는 “임펄스한 대칭형태”를 나타내며 상대적으로 큰 진폭을 가지는 반면, 다른 종류의 신호에 대해서는 “퍼진 비대칭형태”가 나타나면서 상대적으로 작은 진폭을 보인다. 이 결과는 신호를 식별하는 기준이 된다. 특히, 노치 모서리 신호를 기준신호로 하여 구한 유사함수의 형태를 통하여 노치 즉 균열신호와 기하학적 반사체인 counter bore와 용접루트부와의 식별이 가능하였다. 더불어, 유사함수는 시간대역에서 RF신호에 비해 좁은 펄스 폭을 지니기 때문에 결함 위치에 대한 정밀도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

후기

본 연구는 한국과학재단 산하 성균관대학교 산업설비 안전성평가 연구센터 및 과학기술부 원자력 기초연구사업과제의 연구비 지원으로 이루어진 것으로, 이에 관계자 여러분들에게 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] Krautkrömer, J. and Krautkrömer, H., *Ultrasonic Testing of Materials*, 4th ed., Springer-Verlag, Berlin, 1990, pp.431-465.
- [2] Bracewell, R., *The Fourier Transform and Its Applications*, McGraw-Hill, New York, 1965, pp.24-27.3.

다음 문제를 풀어보세요. 괄호 안의 숫자는 난이도 표시입니다.

1. 첫 페이지 thanks note mark의 모양을 †으로 바꿔보세요.(0)
2. 첫 페이지 thanks note를 저자마다 다르게 지정해보세요.(1)
3. 첫 페이지를 보면 각주 사이의 간격이 행간격보다 좁습니다. 이것을 행간격만큼 떨어뜨려보세요.(1)
4. 각주 사이 간격은 그대로두고 각주 자체의 행간격을 줄여서 각주 사이의 간격이 어색하지 않게 만들어보세요.(1)
5. 본문의 각주 마크 모양을 1)과 같이 하고 각주 문단은 각주 번호를 내어쓰기 하는 형태로 만들어보세요.(3)
6. “1 서론”과 같은 절 모양을 “제 1 절 서론”과 같이 바꿔보세요.(0)
7. 용지를 letter지로 하고 여백을 좌우 35mm, 상하 40mm로 바꿔보세요.(2)
8. 두번째 페이지부터 절의 제목을 왼쪽 페이지에, 소절의 제목을 오른쪽 페이지 상단 면주에 넣고 하단의 페이지번호를 없애보세요.(2)
9. ‘요약’을 ‘초록’으로 바꾸고 글꼴을 고딕체로 해보세요.(1)
10. ‘초록’ 다음에 개행(행나누기)하지 말고 약간의 간격을 둔 다음 바로 초록 본문이 시작되도록 바꿔보세요. 다만 ‘초록’이라는 단어의 \bfseries 속성은 유지되어야 합니다.(3)
11. 요약 부분의 행간격을 조금 줄여서 본문과 구별되게 만들어보세요.(4)
12. 각주를 본문으로부터 조금 더 여유있게 떨어뜨려보세요.(2)
13. 모든 페이지를 흑시 페이지 하단에 여백이 남더라도 균일행간격으로 만들어 보세요.(3)
14. 캡션의 “그림 1:”을 “Fig. 1.”로 바꿔보세요.(2)
15. 캡션을 hanging caption으로 바꾸어서 두번째 줄부터는 들여밀기되도록 해보세요.(2)
16. 절제목 아래 첫 문단을 들여쓰기하세요.(0)
17. 절제목의 글꼴을 \large 크기의 고딕체로 바꿔보세요.(1)
18. 목록(toc)을 만들어보세요.(0)
19. 저자-연도 방식으로 인용 방식을 바꿔보세요.(3)
20. twocolumn 문서로 만드세요. 다만 그림은 두 단에 모두 걸치도록 페이지 상단에 두도록 하세요.(1)
21. twocolumn 문서로 만들되, 초록과 목록(toc)은 one-column으로 조판하세요.(1)
22. twocolumn 문서로 만들되, 식 (1)은 두 단에 모두 걸치도록 조판하세요.(2)

23. 모든 수식에 프레임 안에 넣어보세요.(0)
 24. 모든 페이지에 프레임 박스를 그리세요.(1)
 25. 첫 페이지를 타이틀페이지 별면으로 만들고, 하단 왼쪽에 2x1cm 로고 그림을 넣어보세요(그림은 직접 준비하세요.)(2)
 26. 모든 페이지에 DRAFT라는 watermark을 찍어보세요.(1)
-