

펄스 반사법을 이용한 NDT 시스템

A NDT System using the Pulse-echo Method

* 반 차 식 (Vhan, C.S.)
 * 김 건 (Kim, K.)
 ** 차 일 환 (Cha, I.W.)
 *** 임 광 호 (Yim, K.H.)

요 약

본 연구는 펄스 반사법을 이용하여 금속 재료 단면의 영상을 얻는데 그 목적이 있다.

기존의 탐상기는 대부분 A - 스캔 방식으로 결과를 전시하며 검사자가 직접 CRT상에 나타난 결과를 판독해야 하므로 숙련자라 하더라도 어느정도 오차가 수반되며 판독에 시간이 요하는등 불편이 따른다.

본 연구에서는 판독 과정을 자동화함으로써 정확도와 검사 속도를 개선하였으며 탐촉 지점은 스텝핑모터를 이용하여 일정 간격으로 제어하였다. 또 탐상 결과를 B - 스캔 방식으로 영상 처리함으로써 재료 단면의 상태 파악을 용이하게 하였다.

ABSTRACT

The purpose of this study is to obtain the image of metal material section using the pulse echo method.

In the existing flaw detectors, since the inspector must measure the echo-signal directly, there exists to some degree of error and required a little time in the process of detection.

In this study, by automizing the detection process, the degree of accuracy and the speed of detection are improved. And the detection point is controlled by stepping motor.

By visualizing the detection result with B-scan type, it becomes easy to find out the condition of material section.

* 연세대학교 대학원 전자공학과

** 연세대학교 전자공학과 교수

*** 한국과학기술대학 교수

I. 서론

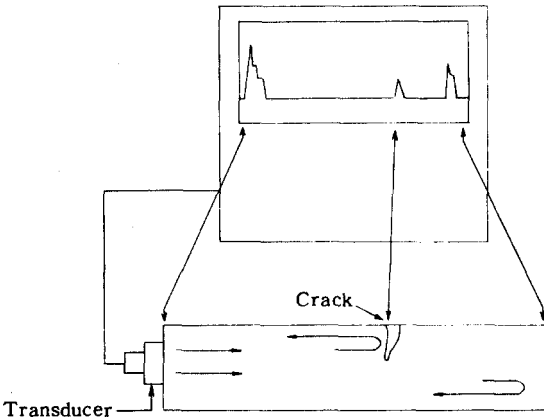
비파괴 검사는 오래전부터 우리 생활과 밀접한 관계를 맺어왔다. 특히 근세에 들어 공업이 발전함에 따라 재료를 파괴하거나 그 특성을 변화시키지 않고 내부 결함을 조사할 필요성이 더욱 절실했다. 1929년 Sokolov가 비파괴 검사에 초음파를 이용할 수 있다는 이론을 발표함으로써 이에 대한 연구가 시작되었으며 2차 대전중 발달한 레이더 기술을 초음파 탐상법에 응용하여 1945년과 1946년에 Firestone 과 Sproul이 각각 펄스 반사법을 제안함으로써 초음파 탐상에 급격한 발전을 가져왔다.

본 연구에서는 펄스 반사법으로 얻은 정보를 카운터와 비교기를 이용하여 판독함으로써 오차를 줄이고 검사속도를 개선하였으며 마이크로프로세서로 재료 단면의 영상을 얻었다.

II. 이론적 배경

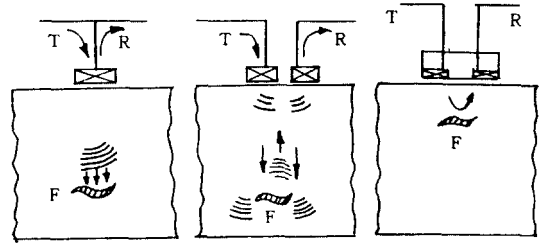
II - 1 초음파 탐상법의 종류

초음파 탐상법에는 원리에 의해 펄스 반사법 투과법, 공진법등으로 나뉘며 탐상 방법에 따라 직접 접촉법, 사각 탐상법, 수침법등으로 나눌수 있으나 일반적으로 가장 많이 사용되는 방법은 펄스 반사식 직접 접촉 수침법이다.



(그림 1) 펄스 반사법의 원리

펄스 반사식은 (그림 1) 과 같이 브라운관에 나타나는 반사파를 보고 결함의 존재 여부 및 위치를 판정하며 반사파의 세기에 의해 결함의 크기를 판정한다. 반사파의 세기는 결함의 크기나 형상만이 아니라 탐촉자의 특성, 탐상면, 탐촉, 매질, 감쇄, 음파의 간섭, 굴절등에 영향을 받는다.



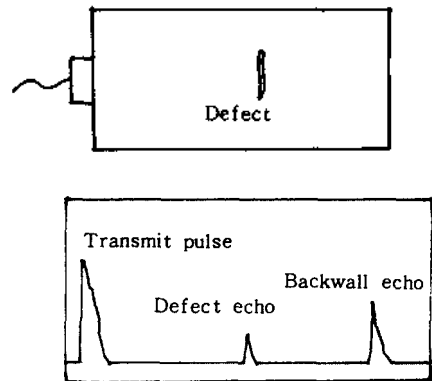
(a) (b) (c)
(T : 송신기 R : 수신기 F : 결함)

(그림 2) 펄스 수직 탐상법의 원리

펄스 반사식 직접 접촉법의 기본적인 방법을 (그림2)에 나타냈다. (a)는 송·수신 공용의 1개의 탐촉자를 사용한 가장 일반적인 방법이며 (b) 및 (c)는 송신과 수신 탐촉자를 각각 사용한 것으로 근거리 분해능이 좋다.

II - 2 펄스 반사법에 의한 화면 처리

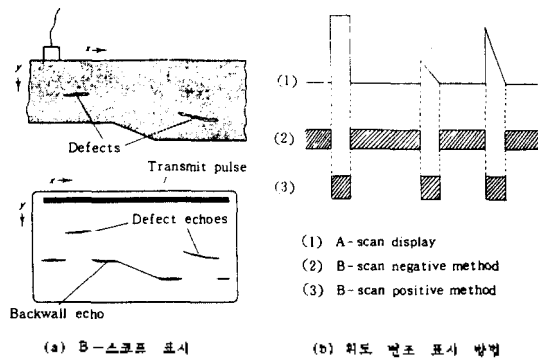
탐상 결과를 화면에 표시하는 목적은 시료의 정보 특히 결함부등 이상 부분의 상태를 직접 보기 위한 것이다.



(그림 3) A - Scope 방식

초음파 탐상에서 가장 일반적인 방법은 A - Scope 방식으로 (그림 3) 과 같이 반사파의 크기 및 반사파가 나타나는 시료의 깊이를 측정할 수 있으나 한 탐촉자에 대한 정보밖에 얻을수 없고 선이나 면에 대한 전체적인 정보를 얻기 위해서는 이전의 정보를 검사자가 기억하고 있어야만 한다.

B - Scope 방식은 (그림 4) 와 같이 A - Scope 방식으로 얻은 정보를 휘도 변조하여 선으로 표시하며 CRT 상에 탐촉자의 위치와 신호의 전파 시간을 직각 좌표로 표시하며 수신 신호의 크기는 휘도의 변화로 표시한다. 이 방법은 재료의 단면도적인 정보를 얻을수 있으나 반사파의 크기를 정량적으로 측정하는것이 어렵다.



(그림 4) B - Scope 방식

III. 시스템 구성

III - 1 송신부



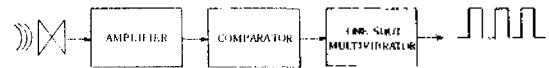
(그림 5) 송신부의 블럭도

(그림 5)는 송신부의 블럭도를 나타낸것으로 마이크로프로세서로부터 송신 신호가 나오면 원샷 멀티바이브레이터에서 펄스가 발생된다. 이 신호는 전압 증폭된후 탐촉자를 구동시킨다. 이때 탐촉자의 특성 임피던스는 수십 Ω으로 낮기 때문에 임피던스 정합을 위해

전력 증폭단의 출력 임피던스는 충분히 낮아야 한다. 본 연구에서는 에미터 폴로우 회로를 사용하여 탐촉자와의 임피던스 정합을 위한 완충단으로서의 역할도 하게 하였다.

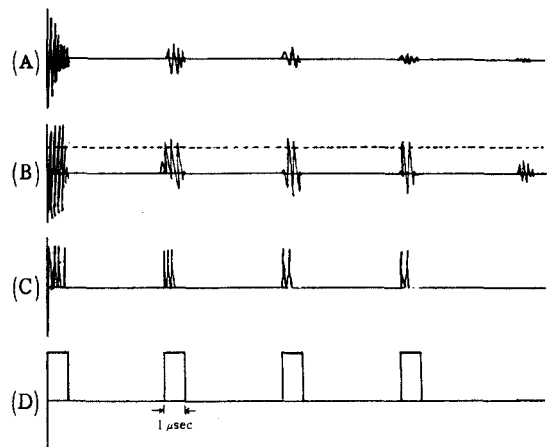
III - 2 수신부

(그림 6) 은 수신부의 블럭도를 나타낸것으로 탐촉자로부터 받은 수신 신호에는 시료의 경계면이나 결함에서 반사된 반사파외에 60 Hz 험, 선잡음, 시료내의 산란파동에 의한 잡음이 섞여 있으므로 RC고역 통과 여파기를 통해 저주파 잡음을 제거한다.



(그림 6) 수신부의 블럭도

반사파 신호는 수신 증폭단에서 증폭된후 비교기에서 기준 전압과 비교하여 기준 전압 이상되는 신호에 대해서만 반사파로 판정한다. 이때 기준 전압은 가변 저항을 이용하여 조절할 수 있게 하였다. 비교기에서 나온 신호는 반파 아날로그 신호이므로 정보를 자동으로 처리하기 위해 원샷 멀티바이브레이터를 사용하여 반사파 주기 동안 1μsec의 폭을 갖는 펄스로 변환 시켰다. 수신부 각 단에서의 출력 파형을 (그림 7) 에 나타냈다.

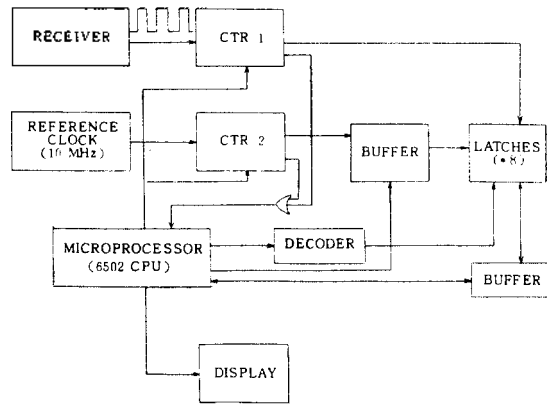


(그림 7) 수신부 각 단의 출력 파형

(B)는 수신 증폭단의 출력으로 반사파의 최대치는 2 V 이하이다. 검진 부분은 비교기에서 가변 저항으로 조절되는 기준 전압으로 비교기 출력 (C)에는 기준 전압 이상의 신호에 대해서만 나타난다. (D)는 펄스열로 변환된 신호로 수신 신호 처리부로 전송된다.

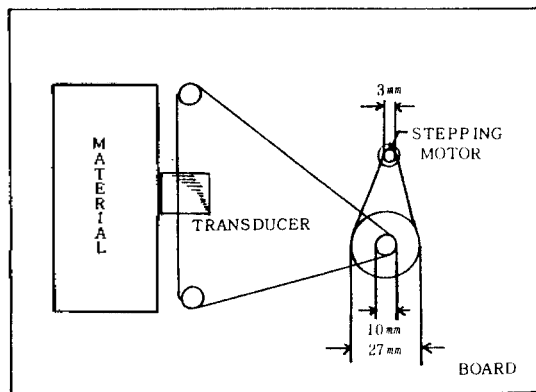
III - 3 수신 신호 처리부

(그림 8)은 수신부에서 만들어진 펄스열을 이용하여 서로 단면의 영상을 얻기 위한 수신 신호 처리부의 블록도이다.



(그림 8) 수신 신호 처리부 블록도

수신단으로부터 오는 펄스열은 카운터 1에서 계산되어 래치를 차례로 인에이블시킨다. 이때 카운터 2의 거리



(그림 9) 스캐닝 테이블

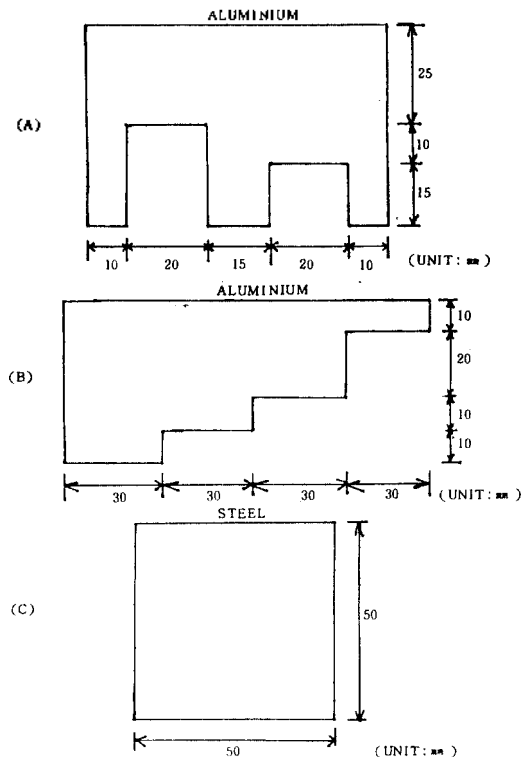
계산값이 버퍼를 통해 래치에 저장된다. 거리 계산을 위해 10 MHz의 기준 클럭을 사용하였다. 래치에 저장된 정보를 이용하여 마이크로 프로세서로 화면에 한 탐촉점에 대한 단면 영상을 얻게 하였다.

서로 단면의 영상을 얻기 위해서는 탐촉점을 일정 간격으로 이동시켜야 하므로 본 연구에서는 스텝핑 모터를 이용하여 이를 제어하였다.

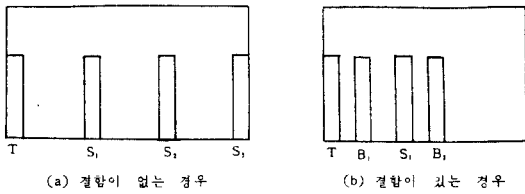
IV. 실험 및 결과 고찰

금속 재료 단면의 영상을 얻기 위해 (그림 10)과 같은 알루미늄과 철로 된 시료를 사용하였다.

탐상 방법은 1개의 탐촉자로 송·수신을 겸한 펄스 반사식 직접 접촉 수직법을 이용하였으며 사용된 탐촉자는 5 MHz의 공진 주파수를 갖는 PZT 압전 소자이다. 탐촉 간격은 0.5 mm로 하였으며 측정을 위해서는 수신부에서 발생된 송신 펄스와 첫번째 반사 펄스, 첫번



(그림 10) 사용된 시료의 단면도

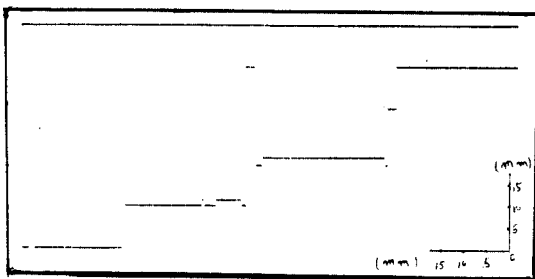


(그림 11) 결합 유무에 따른 반사파의 위치

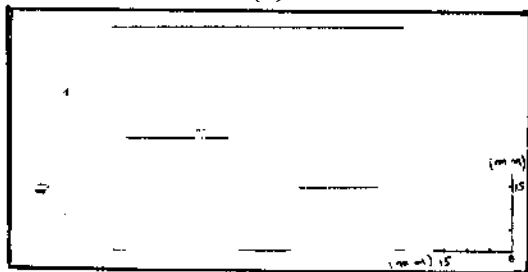
제 반사 펄스와 두번째 반사 펄스 사이의 거리를 계산하였다.

(그림 11) (a)와 같이 (S_1-T) 와 (S_2-S_1) 이 같은 경우 S_1 및 S_2 는 송신 펄스가 시료내를 왕복하면서 시료의 backwall에서 다중반사된 것으로 볼수 있으므로 내부에 결합이 없는것으로 판정하였고 (b)와 같이 (B_1-T) 와 (S_1-B_1) 이 다른 경우 B_1 은 내부 결합에서 반사된 신호로 판정하였다.

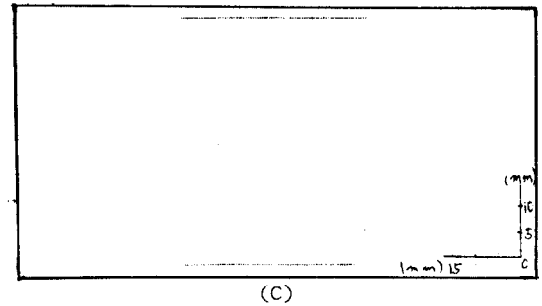
실험 결과 얻은 시료 단면의 영상을 (그림 12)에 나타냈다. (A)와 (B)는 알루미늄 시료이고 (C)는 철이다. (A)와 (B)에서 시료의 두 층면이 만나는 경계점에서는 두면에서의 반사파가 모두 수신됨으로 해서 생긴 결과이며 밑면에서 생긴 오차는 수신된 아날로그 신호



(A)



(B)



(C)

(그림 12) 영상 처리된 시료 단면

호를 펄스로 변환시키는 과정에서 생긴 오차와 카운터에서 비트값이 변하는 순간 수신 펄스가 들어옴으로 해서 발생된 오차 및 모터로 탐촉자를 이동시킬때 진동으로 인한 오차가 포함되어 있는것으로 볼수 있다. 그러나 오차가 발생한 경우는 전체 탐촉 횟수의 20% 이내이고 이때의 측정 오차도 2mm 이내로 기존의 탐상기로 측정할 때 허용되는 수mm의 오차보다 정확한 값을 얻을수 있었다. 또 기존의 탐상기는 한 탐촉점에 대한 정보만이 표시되므로 시료 전체의 정보를 얻기 위해서는 검사자의 기억이나 보조 기억 장치에 의존 해야 하는 단점이 있으나 본 연구에서는 A-Scan 방식으로 얻은 반사파 정보를 B-Scan 방식을 이용하여 시료 단면의 영상을 화면에 나타냄으로써 이러한 문제점을 해결하였다.

V. 결 론

본 연구에서는 펄스 반사법으로 얻은 금속 내부의 아날로그 정보를 디지털 정보로 변환시켜 마이크로프로세서로 금속 재료 단면의 영상을 얻었다. 이때 발생하는 오차는 탐촉자를 스텝핑 모터로 이동시킬때 생기는 시료와의 접촉 상태의 변화를 줄이면 좀더 정확한 결과를 얻을수 있다. 본 연구에서 제작한 시스템은 조작이 간편하며 시료 단면을 영상 처리함으로써 결과 판단이 용이하다. 또 수집법을 이용할 경우 해저 지형의 탐사나 선박의 탐상등에 응용할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Benson Catlin, Ultrasonics, McGraw-Hill Book Company Inc., 1949.
2. Warren J. McGonnagle, Nondestructive Testing, Gordon and Breach, 1969.
3. 島川正憲. 超音波工學, 工業調査會, 日本, 1975
4. 차일한. 음향 공학 개론, 한신 문화사, 1976
5. 日本學術振興會, 超音波深傷法, 日刊工業, 1977
6. W.W. Stinchcomb, Mechanics of Nondestructive Testing, Plenum Press, 1980.
7. J. Szilard, Ultrasonic Testing, John Wiley & Sons 1982.
8. 根岸勝雄. 高木堅志即, 超音波技術, 東京大學出版會, 1984