

자동차 엔진 접합 부위 검사 시스템

이선희, 이순흠
순천향대학교 정보기술공학부

Ultrasonic testing system for Automobile Engines

Sunhui Lee, Sunheum Lee
Division of Informaton Technology Engineering, Soonchunhyang University

요 약

알루미늄 자동차 엔진은 알루미늄 엔진 블록에 라이너가 삽입되어 접합된다. 접합시 라이너와 엔진 블록의 간격이 $5\mu\text{m}$ 이내이어야 하며, 접합률이 30% 이상이면 접합상태가 양호하다고 한다. 라이너의 접합상태를 검사할 수 있는 비파괴 검사장비는 국내에서 개발되어 상용화된 것이 거의 없는 상황이다. 6개의 라이너의 접합상태를 자동으로 검사하는 컴퓨터 내장형 초음파 검사 시스템을 개발하였다.

1. 서론

비파괴 검사 중의 하나인 초음파 탐상 검사는 교량, 발전소, 석유화학 플랜트 및 중공업 분야 등에 사용되는 각종 구조물의 결함을 검사하기 위한 사용전·중 검사에 널리 사용되고 있다[1-8]. 초음파를 이용하여 알루미늄 엔진의 접합 상태를 검사하는 것은 초음파 검사의 적절한 응용분야이다. 알루미늄 엔진은 엔진 블록에 라이너가 삽입되어 구성된다. 라이너는 그림1과 같이 속이 빈 원통의 모양을 갖는다. 이것이 엔진 블록에 삽입되어 접합되면 그림2와 같이 된다. 엔진 블록과 라이너 사이의 접합이 양호한 상태인지를 검사하기 위해서 초음파 탐촉자가 라이너의 내부로 삽입되어 회전하면서 전진하여 내부면에 초음파를 가하여 검사하게 된다. 엔진 블록과 라이너의 간격이 $5\mu\text{m}$ 이내이어야 하며 접합률이 30% 이상이면 접합 상태가 양호한 것으로 판단한다. 라이너의 접합상태를 검사할 수 있는 비파괴 검사장비인 컴퓨터 내장형 초음파 탐상기 및 자동검사 장치는 국내에서 개발되어 상용화된 것이 거의 없는 실정이다. 본 논문에서는 6개의 라이너의 접합상태를 자동으로 검사하는 초음파 검사 시스템의 기본 구성을 2장에서 보이고 3장에서는 소프트웨어의 구성과 엔진 접합 검사의 결과를 보였으며, 4장에 결론을 내렸다.



그림 1. 라이너

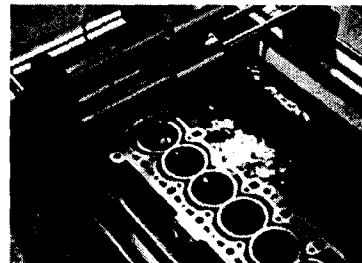


그림 2. 알루미늄 엔진

2. 시스템 구성

초음파 검사 시스템은 초음파 탐촉자에서 초음파가 발생하도록 하는 pulser와 결합에서 반사되어 온 초음파 신호를 수신하는 receiver, 수신된 아날로그 신호를 디지털 신호화하는 고속 A/D 컨버터, 탐촉자를 검사체의 검사 부위로 이동하여 정밀하게 스캔하는 이송장치, 이송장치를 제어하고 위치 정보를 얻는 장치 및 검사체를 담은 탱크로 구성된다.(그림3)

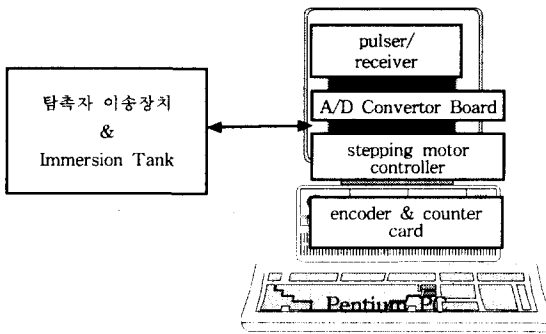


그림 3. 시스템의 하드웨어 구성

초음파 신호를 수신하여 실시간으로 수신된 신호를 디스플레이(A-Scan)하기 위해서는 고속(50MHz이상)의 A/D 컨버터가 요구되며 B, C-Scan을 표시해야 할 경우 1-10 MByte의 저장공간이 필요하게 된다. 본 시스템에서는 엔진 블록과 라이너의 접합 상태를 검사하기 위해서 탐촉자 이송장치가 4축으로 구성되었고, 그림 2에 보인 것처럼 6개의 라이너를 자동으로 검사하기 위해 x, y, z 축으로 이동할 수 할 수 있으며, 아울러 라이너 내부에서 탐촉자를 360° 회전시켜 내부의 전면을 검사할 수 있다. 본 연구에서 개발한 탐촉자 이송장치는 0.1mm의 정밀도를 가지며 6개의 라이너 접합상태를 검사하는데 20분 정도 소요되었다. 탐촉자를 360° 회전시킬 경우 탐촉자와 연결선의 꼬임을 방지하기 위하여 수은접점을 갖는 로터리 스위치를 사용하여 기계적인 꼬임 문제를 해결할 수 있었으나 이로 인해 노이즈가 발생하는 문제점도 있었다. 하지만 이러한 노이즈는 검사 결과에 큰 영향을 미치지 않는다. 본 시스템에서는 25MHz 탐촉자와 100MHz의 고속 A/D컨버터가 사용되었다.

본 연구에서는 A/D Converter Board, Stepping

Motor Controller Board 및 Encoder & Counter Card를 동시에 구동시키고, 수신된 초음파 신호를 실시간으로 디스플레이(A, B, C-Scan)하며, 사용자가 원하는 임의의 초음파 신호를 저장할 수 있는 Software를 MS사의 Visual C++을 사용하여 개발하였다.

검사체의 상태를 보다 쉽게 알 수 있게 하기 위해 Display color를 16만 color의 분해능을 갖도록 제작하였으며 Spectreum, Black & White, Red, Green 및 Blue의 5가지 모드로 표시할 수 있도록 제작하였다. 그림 4는 알루미늄과 아크릴판 사이를 접착제를 사용하여 접합한 부분에 대한 초음파 탐상검사의 결과를 보이고 있다. 입력된 Amplitude값이 0%인 경우 색상은 검정색으로 표시되고 100%인 경우 흰색으로 표시되며 접착 정도에 따라 서로 다른 색깔로 표시된다.

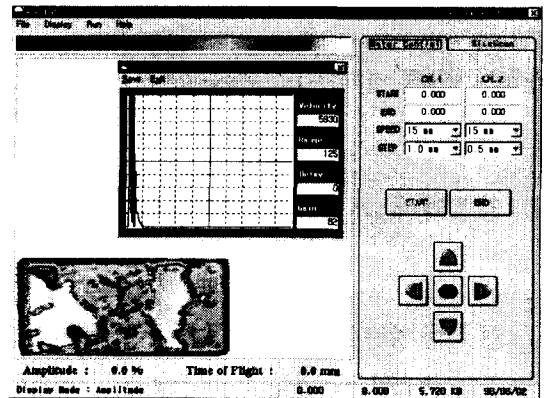


그림 4. 디스플레이 및 Scanner Control 프로그램

알루미늄과 아크릴사이에 접합이 안된 부분은 공기층이 존재하게 되어 음향 임피던스의 차이가 매우 크게되므로 반사된 초음파의 진폭이 크게 된다. 진폭이 큰 부분은 흰색과 빨간색으로 표시되므로 그림 4의 좌측 하단에 보인 C-Scan 결과에서 흰색과 빨간색 부분은 접합이 안된 부분을 나타낸다(흑백으로 인쇄된 경우 상대적색을 밝게 보이는 부분). 검사체의 상태를 나타내는 화면(C-scan)의 임의의 점을 마우스로 선택하게 되면 탐촉자 이송장치가 선택된 부분으로 이동되고 이때의 A-Scan 신호를 저장하게 되는 기능을 갖춤으로 A, B, C Scan을 모두 사용할 수 있게 된다. 그림 4의 우측부는 탐촉자 이송장치를 구동하는 모터를 제어하는 부분으로 검사의 시작점과 끝점

을 입력하고 메뉴에서 START을 선택하게 되면 이미 설정된 속도와 간격으로 검사를 시작하게 된다. 현재는 모터의 구동속도는 15mm/sec 이며 테이터의 수집간격은 X축 간격 1mm, Y축 간격 0.5mm로 설정되어 있다.

3. 프로그램의 구성과 엔진 접합 부위 검사

6개의 라이너를 선택적으로 검사하거나 모두 검사할 수 있도록 하는 프로그램을 개발하였다. 프로그램을 실행하면 그림 5의 배경화면이 모니터에 나타나며 탐촉자 이송장치에 의해 탐촉자는 검사체를 검사하기 위한 기준이 되는 초기 위치로 이동한다. 그림 5는 라이너 접합 상태를 검사하는 프로그램의 검사할 라이너 선택 화면이다. 검사를 원하는 라이너를 선택하고 START를 선택하면 자동으로 검사가 수행된다.

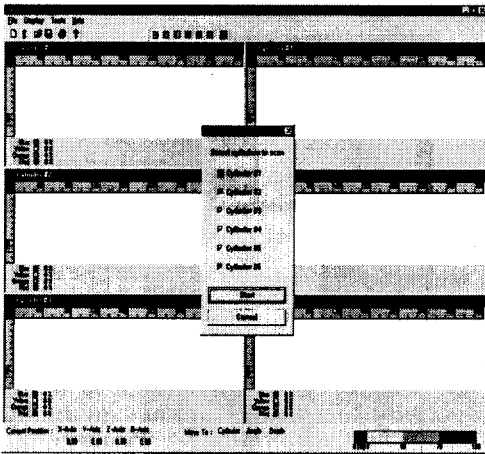


그림 5. 라이너 접합 상태 검사프로그램 초기화면

그림 6은 검사 결과를 보이고 있다. 접합도가 높은 정도에서 낮은 정도를 표시하기 위하여 청색, 노란색, 오렌지색, 붉은색을 사용한다. 그림 6에서 청색 부분이 차지하는 비율을 볼 수 있다. 첫 번째 라이너의 접합도를 나타내는 Bore#1의 경우 74%가 청색(흑백으로 출력되면 제일 검은색으로 보임)이므로 잘 접합되어 있음을 알 수 있다.

프로그램의 상단 중앙에 위치한 아이콘들은 사용자의 편의에 따라 흑백이나 다른 형태로 선택할 수 있도록 구성한 것이다.

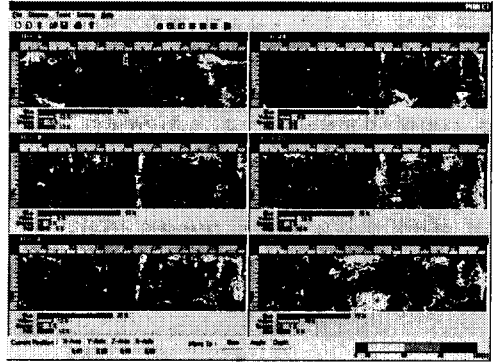


그림 6. 라이너 접합 상태 검사 결과화면

30% 이상이면 양호한 것으로 판단한다. 검사된 6개의 라이너가 모두 잘 접합되었음을 알 수 있다.

4. 결론

초음파 탐상 기술을 이용하여 알루미늄 엔진의 엔진 블록과 라이너의 접합도를 검사하는 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 실제 검사 결과에서 보듯이 6개의 라이너 접합상태를 자동으로 완벽하게 검사를 수행하였다. 본 검사장비는 알루미늄 엔진의 제품 신뢰도를 높이는데 필수적인 검사 장비로 사용될 수 있을 것이며 반도체 검사 등에 사용될 수 있는 정밀 초음파 현미경으로 발전시킬 수 있을 것이다.

[참고문헌]

1. Bernard Hosten, "High-Precision Measurement Using Digital Oscilloscopy", Material Evaluation, 1990 pp 1416-1422
2. J. L. Rose & G.H.Thomas, "Microprocessor Utilization in Ultrasonic Nondestructive Inspection System", Material Evaluation, jan.1980 pp 69-76
3. V.E.Panhuise, "The Implementation of a Computerized Ultrasonic Scan System" Material Evaluation, Feb.1984 pp 231-238
4. ASNT "Nondestructive Testing Handbook, Ultrasonic Testing, Volume 7"

5. A.Sinclair " Analysis of the Ultrasonic Frequency Response for Flaw Detection : A Technical Review" Material Evaluation (Jan.85) pp 105-107
6. Paul M. Embree, Bruce Kimble, "C Language Algorithms for Digital Signal Processing", Prentice Hall.
7. G.P.Singh, "Fundamentals of Data Acquisition for Nondestructive Evaluation", Material Evaluation, Nov. 1990, pp 1341-1347
8. 이원흡, 장경영 "초음파 사각탐상시 결합 형상에 따른 주파수 특성에 관한 연구", 한양대학교 석사학위논문, 1995