

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G01B 17/02 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년10월17일 10-0635697 2006년10월11일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2004-0059547	(65) 공개번호	10-2006-0010940
(22) 출원일자	2004년07월29일	(43) 공개일자	2006년02월03일

(73) 특허권자                    한국표준과학연구원  
                                      대전 유성구 도룡동 1

(72) 발명자                        이정기  
                                      경기도 부천시 원미구 역곡2동 62-4 중앙그린빌 102-101

                                      이승석  
                                      대전광역시 유성구 어은동 99 한빛아파트 138동 901호

(74) 대리인                        서만규  
                                      서경민

(56) 선행기술조사문헌

JP08166229 A *	JP10219323 A
JP2001272220 A	JP58186010 A
JP60053806 A	KR100236291 B1

\* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 김진영

(54) 실시간 온도보정을 수행하는 초음파에 의한 두께 측정 방법

요약

본 발명은 측정대상 재료에 초음파를 투사하여 초음파 신호가 재료의 내부에서 왕복이동하는 시간을 측정함과 아울러 상기 측정대상 재료의 온도를 감지하고, 상기 감지한 온도에 의해 재료의 온도 보정된 초음파 속도를 연산하며, 연산된 상기 초음파 속도와 초음파의 왕복이동시간에 의해 측정대상 재료의 두께를 산출하는 실시간 온도보정을 수행하는 초음파에 의한 두께 측정 방법에 있어서, 상기 초음파 속도( $v$ )가 다음 식에 의해 연산되는 것을 특징으로 하는 실시간 온도보정을 수행하는 초음파에 의한 두께 측정 방법을 제공한다.

$$v = \sqrt{\frac{(E_0 - B T e^{-T_0/T})(1 + 3\alpha T)}{\rho_0}}$$

T : 절대온도,

$\rho_0$ : 절대온도 0°K에서의 밀도,

$\alpha$ : 재료의 열팽창 계수,

$E_0$ : 절대온도 0도에서 재료의 탄성계수로서,  $E_0 = Y \left( \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \right)$  여기서  $Y$ 는 Young's modulus이고,  $\nu$ 는 Poisson's ratio

$B$ : 재료에 따른 온도 비례 상수

$T_0$ : Debye 온도와 관련된 온도 상수

### 대표도

도 1

### 색인어

초음파 탐촉자, 온도센서, 마이크로 프로세서, 입, 출력장치, 초음파 두께 측정, 온도보정, 초음파 속도

### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명 장치의 구성도.

도 2a 및 도 2b는 본 발명 장치에 의한 초음파 탐촉자의 내부에 온도센서가 장착된 측면도 및 정면도.

도 3a 및 도 3b는 본 발명 장치에 의한 초음파 탐촉자의 외부에 온도센서가 장착된 단면도 및 정면도.

도 4는 본 발명과 비교예에 의하여 측정된 25mm 스틸 블록의 각 온도별 초음파 두께 데이터 그래프.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

10; 초음파 탐촉자 12; 송,수신 압전소자

14; 커넥터 20; 초음파 측정모듈

30; 온도센서 32; 연결용 케이블

34; 삽입용 튜브 36; 외주장착용 고정구

40; 온도 측정모듈 50; 마이크로 프로세서

60; 입력장치 70; 출력장치

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 초음파에 의해 두께를 측정하는 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 초음파를 이용하여 측정을 실시하는 과정에서 측정대상체의 온도를 측정하여 온도값이 보상된 상태로 초음파 속도를 계산함으로써 재료의 두께를 실시간으로 측정 가능하도록 한 초음파에 의한 두께 측정 방법에 관한 것이다.

일반적으로 원자력이나 화력 발전 플랜트, 화학 플랜트 및 제철 공장 설비 등은 고온에서 운영되고 있는 사용 건전성 여부를 판단하기 위하여 비파괴검사의 일종인 초음파 두께 측정에 의해 설비 재료의 두께를 평가하는데 종래 기술에 의한 초음파 두께 측정기는 측정 대상물의 초음파 속도를 온도에 무관한 일정한 값으로 설정하고 초음파 펄스가 재료의 두께를 왕복하는 시간을 측정하여 재료의 두께를 평가한다.

그러나 모든 고체 재료는 온도 변화에 의한 열팽이 일어나 두께와 밀도가 변화하고, 아울러 탄성계수도 변화한다. 그리고 고체 재료의 초음파 속도는 탄성계수의 제곱근에 비례하고 재료의 밀도의 제곱근에는 반비례 하므로 현재 초음파 두께 측정 방법은 상술한 바와 같이 온도 변화에 의한 재료의 열팽창과 탄성계수 변화에 따른 초음파 속도의 변화를 고려하지 않는 관계로 고온 환경에서 운전되고 있는 설비 재료의 두께 측정값이 실제 두께 보다 크게 평가되고 있는 실정이다.

이와 같은 측정치의 오류를 줄이기 위하여 종래에는 측정대상체와 동일 재료를 사용하여 여러 두께를 갖는 계단식 시험편을 제작하여 초음파 측정한 후에 이러한 기준 측정값을 이용하여 측정대상체의 두께를 보정하는 간접적인 측정 방법을 사용하고 있다.

그러나 이러한 측정방법은 측정대상체에 대하여 동일한 재료의 시험편에 대한 측정값을 얻기 위한 측정 작업이 선행되어야 하므로 다종 다양한 측정대상체에 대하여 일일이 측정작업을 실시하여야 하는 문제가 있다. 아울러 실제 측정대상체의 측정시에는 기준측정값에 대하여 실제 측정값을 보정하는 계산을 추가로 실시하여야 하는 번거로움이 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

본 발명의 목적은 초음파를 이용하여 측정을 실시하는 과정에서 측정대상체의 온도도 동시에 측정하여 온도에 따라 변화하는 초음파 속도를 계산함으로써 재료의 실제 두께를 실시간으로 측정가능하도록 한 실시간 온도보정을 수행하는 초음파에 의한 두께 측정 방법을 제공함에 있다.

**발명의 구성 및 작용**

상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 실시간 온도보정을 수행하는 초음파에 의한 두께 측정 방법은, 측정대상 재료에 초음파를 투사하여 초음파 신호가 재료의 내부에서 왕복이동하는 시간을 측정함과 아울러 상기 측정대상 재료의 온도를 감지하고, 상기 감지한 온도에 의해 재료의 온도 보정된 초음파 속도를 연산하며, 연산된 상기 초음파 속도와 초음파의 왕복이동시간에 의해 측정대상 재료의 두께를 산출하는 것을 특징으로 한다.

**삭제**

이와 같이 구성되는 본 발명은 측정대상 재료의 온도변화에 관계없이 정확한 두께를 실시간으로 측정할 수 있게 되어 측정 오차를 최소화함과 아울러 측정 시간을 현저하게 단축시킬 수 있는 효과가 있다.

이하, 상기한 바와 같은 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면에 의거하여 보다 상세하게 설명한다.

첨부도면 도 1은 본 발명 장치의 구성도이고, 도 2a 및 도 2b는 본 발명 장치에 의한 초음파 탐촉자의 내부에 온도센서가 장착된 측면도 및 정면도이며, 도 3a 및 도 3b는 본 발명 장치에 의한 초음파 탐촉자의 외부에 온도센서가 장착된 단면도 및 정면도이고, 도 4는 본 발명과 비교예에 의하여 측정된 25mm 스틸 블록의 각 온도별 초음파 두께 데이터 그래프이다.

도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예는 측정대상 재료에 초음파를 투사하는 초음파 탐촉자(10)와, 상기 초음파 탐촉자(10)에 의해 발생하는 초음파가 재료의 내부에서 왕복이동하는 시간을 측정하여 디지털 값으로 전환하는 초음파 측정 모듈(20)과, 측정 대상재료의 온도를 감지하는 온도센서(30)와, 상기 온도센서(30)에서 감지한 온도를 디지털 값으로 전환하는 온도 측정 모듈(40)과, 상기 온도 측정 모듈(40)의 온도 값을 입력 값으로 하여 측정된 온도에서 초음파속도를 연산하고 상기 초음파 측정 모듈(20)에서 초음파 펄스 왕복 시간 측정 값을 입력 값으로 하여 연산된 초음파 속도로부터 재료의

두께를 연산하는 마이크로 프로세서(50)와, 상기 마이크로 프로세서(50)에서 연산에 필요한 측정 대상재료의 상수값을 입력하기 위한 입력장치(60)와, 상기 마이크로 프로세서(50)에서 연산된 재료의 두께값을 출력하기 위한 출력장치(70)로 구성되어 있다.

측정대상 재료의 온도를 감지하기 위하여 설치되는 온도센서(30)는 보다 구체적으로는 도 2에 도시한 바와 같이, 초음파 탐촉자(10)에 구비되는 경우에는 초음파를 발생시키고 다시 반사되어 돌아오는 초음파 신호를 수신하는 송신 및 수신용 압전소자(12)의 중앙에 장착시키도록 하여 초음파 측정에 방해받지 않는 상태로 설치되는 것이 바람직하다. 즉, 초음파 탐촉자(10)의 선단에 구비되는 송,수신용 압전소자(12)의 중앙에 관통홀(12a)을 형성하고, 온도센서(30)가 압전소자(12)보다 전방으로 돌출되는 상태로 온도센서 연결케이블(32)을 관통홀(12a)을 통과시키도록 설치하며, 연결케이블(32)은 초음파 탐촉자(10)에 커넥터(14)로 고정하도록 한다. 그리고 온도센서(30)는 열전도도가 양호한 구리 또는 알루미늄 계열의 금속 재질로 제조된 삽입용 튜브(34)에 의해 감싸여지는 상태로 설치된다.

또한, 초음파 탐촉자의 외부에 온도센서를 설치하고자 하는 경우에는 도 3에 도시한 바와 같이, 연결케이블(32)의 단부에 온도센서(30)를 설치하고, 온도센서(30)에는 전방이 개방되고 나머지 외주면을 둘러싸면서 온도센서(30)를 지지하는 외부 장착용 고정구(36)를 장착시키며, 이때 온도센서(30)는 상기 삽입용 튜브(34)에 의해 감싸여지는 상태로 설치된다.

마이크로 프로세서(50)에 측정대상 재료의 상수값을 입력하기 위한 입력장치(60)는 키보드를 사용할 수 있고, 재료의 두께값을 디스플레이하기 위한 출력장치(70)는 엘씨디 모니터를 사용하게 된다.

이와 같이 구성되는 본 발명은 초음파를 이용하여 금속재의 두께를 측정시 금속재에서의 초음파 속도(v)가 일정한 값을 갖는 성질을 이용하여 초음파가 재료의 두께를 왕복하는 시간  $t_d$ 를 측정하여 다음의 관계식에 의하여 두께 d를 환산하는 것이다.

$$d = \frac{1}{2} v t_d$$

그러나 금속재의 탄성계수는 온도에 따라 변화하고, 금속재의 밀도는 열팽창에 의하여 변화되기 때문에 온도가 변화하면 초음파 속도는 재료의 탄성계수의 제곱근에 비례하고 밀도의 제곱근에 반비례하므로 초음파 속도(v)는 아래의 식과 같이 온도에 따라 변화한다.

$$v = \sqrt{\frac{(E_0 - B T e^{-T_0/T})(1 + 3\alpha T)}{\rho_0}}$$

여기서 T는 절대온도이고,  $\rho_0$ 는 절대온도 0°K에서의 밀도이며,  $\alpha$ 는 재료의 열팽창 계수,  $E_0$ 는 절대온도 0도에서 재료의 탄성계수로서,  $E_0 = Y \left( \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \right)$  인 관계를 갖는다. 여기서 Y는 Young's modulus이고,  $\nu$ 는 Poisson's ratio이다.

또한, B는 재료에 따른 온도 비례 상수이고,  $T_0$ 는 Debye 온도와 관련된 온도 상수이다.

따라서 초음파 탐촉자(10)의 선단에 구비된 온도센서(30)에 의해 감지되는 금속재의 온도를 온도측정모듈(40)에 의하여 마이크로 프로세서(50)에 입력하고, 초음파 탐촉자(10)는 송신용 압전소자에서 발생된 초음파 신호가 수신용 압전소자에 수신되는 시간을 측정하는 초음파 측정모듈(20)에 의해 초음파가 왕복이동하는 시간을 마이크로 프로세서(50)에 입력하게 된다.

이처럼 입력된 금속재의 실시간 온도값과, 초음파 왕복이동 시간에 의해 마이크로 프로세서(50)에서는 기입력된 재료의 상수값을 가지고 최종적인 금속재의 두께를 연산하여 출력장치로 나타내게 된다.

본 발명의 실시예로서, 도 4의 그래프 및 표 1에서 보는 바와 같이, 본 발명 장치에 의해 온도에 따라 측정된 값과 종래 기술에 의한 초음파 측정기에 의해 측정된 비교예와 비교해보면 온도가 상승될수록 오차 범위가 커짐을 알 수 있다.

[표 1]

측정온도 (°C)	20	50	100	130	150	200	250
실시예 (mm)	25.00	25.01	25.02	25.03	25.04	25.06	25.07
비교예 (mm)	25.03	25.12	25.18	25.33	25.38	25.52	25.63

따라서 본 발명 장치에 의하면 측정대상 금속재의 온도변화에 관계없이 정확한 두께를 실시간으로 측정할 수 있게 되어 측정 오차를 최소화함과 아울러 측정 시간을 단축시킬 수 있게 된다.

상술한 바와 같은 실시예에서는 금속재에 의한 두께의 측정예에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 다양한 재료의 두께 측정이 가능함은 물론이다.

**발명의 효과**

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 의한 초음파에 의한 금속재의 두께 측정 방법은 초음파 투사와 동시에 측정대상 재료의 온도를 실시간으로 감지하여 온도보상에 의해 초음파 속도를 연산하여 측정대상 재료의 두께를 산출하도록 함으로써 온도변화에 따라 실제 두께보다 크게 평가되는 측정오차를 방지하는 효과가 있다.

아울러 초음파 두께 측정에 있어 종래의 온도 보정 방식인 측정 대상체와 동일 재료의 시험편에서 측정한 값을 기준으로 보정하는 방식을 탈피하여 간편하고 신속하게 측정 대상재료의 두께를 정확하게 평가할 수 있으므로 화력플랜트나 발전설비 등 고온 환경에서 운전되고 있는 설비의 재료 사용 적정성 평가나 안정성 평가에 신뢰도가 높은 측정값을 제시할 수 있어 대형 사고 예방에 기여하도록 한 것이다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**  
삭제

**청구항 2.**

측정대상 재료에 초음파를 투사하여 초음파 신호가 재료의 내부에서 왕복이동하는 시간을 측정함과 아울러 상기 측정대상 재료의 온도를 감지하고, 상기 감지한 온도에 의해 재료의 온도 보정된 초음파 속도를 연산하며, 연산된 상기 초음파 속도와 초음파의 왕복이동시간에 의해 측정대상 재료의 두께를 산출하는 실시간 온도보정을 수행하는 초음파에 의한 두께 측정 방법에 있어서,

상기 초음파 속도( $v$ )가 다음 식에 의해 연산되는 것을 특징으로 하는 실시간 온도보정을 수행하는 초음파에 의한 두께 측정 방법.

$$v = \sqrt{\frac{(E_0 - BT e^{-T_0/T})(1 + 3\alpha T)}{\rho_0}}$$

T : 절대온도,

$\rho_0$  : 절대온도 0°K에서의 밀도,

$\alpha$ : 재료의 열팽창 계수,

$E_0$ : 절대온도 0도에서 재료의 탄성계수로서,  $E_0 = Y \left( \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \right)$  여기서  $Y$ 는 Young's modulus이고,  $\nu$ 는 Poisson's ratio

$B$ : 재료에 따른 온도 비례 상수

$T_0$ : Debye 온도와 관련된 온도 상수

청구항 3.

삭제

청구항 4.

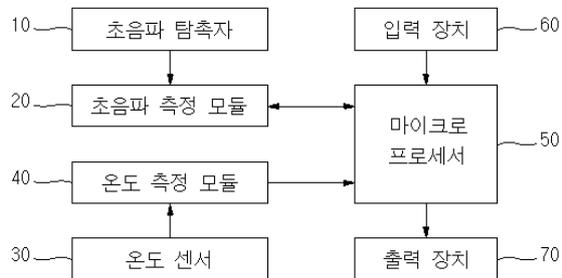
삭제

청구항 5.

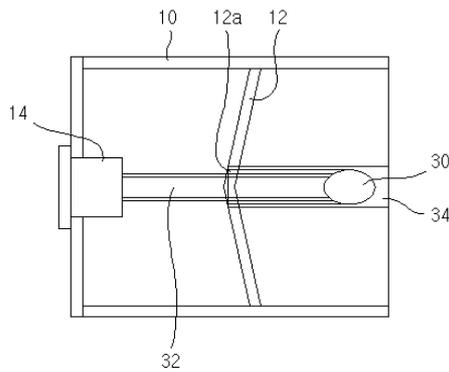
삭제

도면

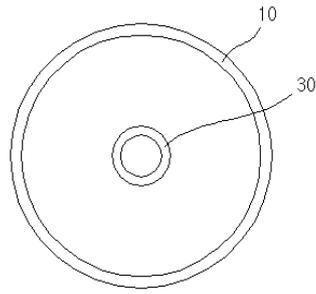
도면1



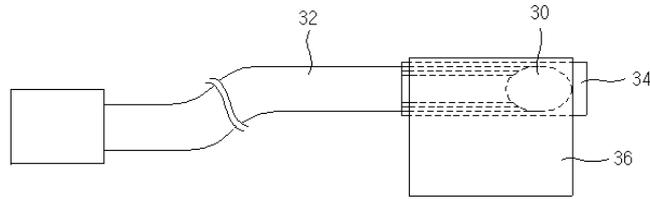
도면2a



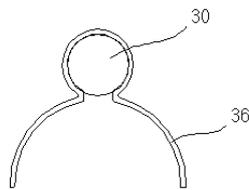
도면2b



도면3a



도면3b



도면4

