



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년05월07일
 (11) 등록번호 10-1391520
 (24) 등록일자 2014년04월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 29/06 (2006.01) **A61B 8/14** (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7002898(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2011년05월10일
 심사청구일자 2014년02월04일
- (85) 번역문제출일자 2014년02월04일
- (65) 공개번호 10-2014-0022116
- (43) 공개일자 2014년02월21일
- (62) 원출원 특허 10-2012-7031259
 원출원일자(국제) 2011년05월10일
 심사청구일자 2012년11월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2011/061132
- (87) 국제공개번호 WO 2011/142474
 국제공개일자 2011년11월17일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2010-108771 2010년05월10일 일본(JP)
 JP-P-2011-102435 2011년04월28일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2007085949 A
 JP54105592 X2
 JP57153258 X2
 JP8016674 B2

- (73) 특허권자
제이에프이 스틸 가부시카가이사
 일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방
 3고 히비야 고크사이 비루
- (72) 발명자
마츠이 유타카
 일본국1000011 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸
 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사
 지적재산부내
이이즈카 유키노리
 일본국1000011 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸
 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이사
 지적재산부내
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 아이퍼스

전체 청구항 수 : 총 2 항

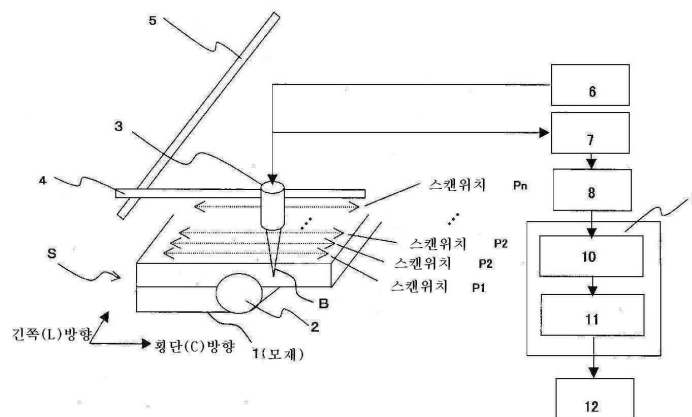
심사관 : 박재우

(54) 발명의 명칭 용접부의 조직 형상의 화상화 방법 및 그 장치

(57) 요약

용접부의 조직 형상을 비파괴 검사로 신속하고 또한 정확(명료)하게 화상화하기 위해, 구체적으로는 피검사체 S의 용접 방향과 직교하는 단면을 초음파 빔 B로 주사하면서 피검사체 내부로부터의 반사 신호를 수신하고, 수신한 반사 신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화해서 용접부(2)의 조직을 검사하기 위한 용접부의 조직 형상의 화상화시에, 평균 점수 m으로 이동 평균 파형 Ra를 감산함으로써, 수신 신호의 저주파 성분을 제거하여 용접부의 조직으로부터의 반사 신호를 추출하고, 추출된 반사 신호만을 증폭하거나, 피검사체의 용접 방향에 대해 다른 복수의 위치에서 용접 방향과 직교하는 단면을 집중된 초음파 빔으로 주사하여 얻어진 초음파의 수신신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화하고, 용접 방향에 대한 복수의 위치에서 주사하여 얻어진 복수의 화상을 중첩하고, 중첩되는 화소의 최대값을 유지하는 것에 의해, 용접부의 조직으로부터의 반사파를 강조한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

다카다 하지메

일본국1000011 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2
쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지
적재산부내

오제키 다카후미

일본국1000011 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2
쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지
적재산부내

특허청구의 범위

청구항 1

피검사체의 용접 방향과 직교하는 단면을 초음파 빔으로 주사하면서 피검사 체 내부로부터의 반사 신호를 수신하고, 수신한 반사 신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화해서 용접부의 조직을 검사하기 위한 용접부의 조직 형상의 화상화 방법으로서,

피검사체의 용접 방향에 대해 다른 복수의 위치에서, 용접 방향과 직교하는 단면을 집속된 초음파 빔으로 주사하여, 얻어진 초음파의 수신 신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화하고, 용접 방향에 대한 복수의 위치에서 주사하여 얻어진 복수의 화상을 중첩하고, 중첩되는 화소의 최대값을 유지하는 것에 의해, 용접부의 조직으로부터의 반사파를 강조하는 것을 특징으로 하는 용접부의 조직 형상의 화상화 방법.

청구항 2

피검사체의 용접 방향과 직교하는 단면을 초음파 빔으로 주사하면서 피검사 체 내부로부터의 반사 신호를 수신하고, 수신한 반사 신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화해서 용접부의 조직을 검사하기 위한 용접부의 조직 형상의 화상화 장치로서,

상기 용접부의 조직으로부터의 반사파를 강조하는 수단을 구비하고,

상기 반사파를 강조하는 수단은 피검사체의 용접 방향에 대해 다른 복수의 위치에서, 용접 방향과 직교하는 단면을 집속된 초음파 빔으로 주사하여, 얻어진 초음파의 수신 신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화하고, 용접 방향에 대한 복수의 위치에서 주사하여 얻어진 복수의 화상을 중첩하고, 중첩된 화소의 최대값을 유지하는 것을 특징으로 하는 용접부의 조직 형상의 화상화 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 자동차(automobile) 등에 이용되는 휠(wheel)의 용접부나, 강관의 맞댐 용접부(butt weld), 필릿 용접부(fillet weld), 강관의 용접부(welding area of steel pipe)의 품질 평가(quality evaluation)에 이용하는 데 바람직하고, 용접부의 조직 형상(structure form)을 비파괴 검사(nondestructive inspection)로 신속하고 또한 정확(명료)하게 화상화(imaging)하는 것이 가능한 용접부의 조직 형상의 화상화 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 용접부의 품질을 체크하는 방법으로서, 이하의 방법을 들 수 있다.

[0003] (1) 파괴 검사(destructive inspection)

[0004] 피검사체(test object)로부터 샘플(sample)을 잘라내어, 단면(cross-section surface)을 연마한 후, 부식액(etching agent)으로 부식하여 관찰, 측정한다.

[0005] (2) 간접 측정(indirect measurement)

[0006] 예를 들면, 휠의 용접부의 품질 평가 방법으로서 특허문헌 1에 개시되어 있는 평가 방법이 있다. 이 방법은 휠의 용접부의 용접 중의 림(rim)의 외측 표면 온도 분포와 용접부의 물리적 성상(physical nature)(용화 형상, 용화 깊이, 강도 등)의 관계를 미리 구해 두는 공정과, 휠의 실(實) 용접시, 휠의 용접부의 용접 중의 림 외측 표면 온도 분포를 계측하고, 해당 계측 데이터(measured data)와, 먼저 구해 둔 림 외측 표면 온도 분포와 용접부의 물리적 성상의 관계를 비교하여, 휠의 용접부의 물리적 성상을 추정하는 공정으로 이루어진다.

[0007] (3) 비파괴 시험

[0008] 특허문헌 2에 대표적인 초음파를 이용한 용접 단면의 화상화 방법이 고안되어 있다. 용접부의 조직은 일반적으로 모재 부분보다 알갱이가 조대(粗大)하다. 그 때문에, 결정 입경이 다르므로, 용접부의 조직과 모재 부분에서는 음속(acoustic velocity)에 극히 약간의 차가 생긴다. 초음파의 주파수(ultrasonic frequency)를 예를 들면 20MHz~50MHz와 같이 높게 하고, 또한 음향 렌즈(acoustic lens)나 어레이 프로브(array probe) 등에 의해 미세하게 좁혀진(집속된) 초음파 빔(ultrasonic beam)으로 용접 방향과 직교하는 단면을 스캔(scan)하면서 반사파(reflected wave)를 수신하고, 수신한 신호를 휘도 변환(brightness conversion)해서 화상화하면, 용접부의 조직과 모재 부분의 경계면(bounding surface)의 형상을 가시화할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 일본국 특허공개공보 평11-101760호
 (특허문헌 0002) 특허문헌 2 : 일본국 특허공개공보 제2008-111742호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 그러나, 종래의 용접부의 품질 평가 방법(quality evaluation method)에는 다음과 같은 문제가 있다.

[0011] (1) 파괴 시험

[0012] 제품 그 자체를 파괴할 수는 없으므로, 일정량의 샘플에 의한 테스트(test)를 반복하고, 테스트와 동일한 용접 조건(welding condition)으로 제품이 용접되어 있는 것으로 해서 품질을 보증하는 방법(method for guarantee the quality)이기 때문에, 제품마다의 검사는 이루어져 있지 않다. 또, 판정에 시간과 비용이 소요된다.

[0013] (2) 간접 측정(특허문헌 1)

[0014] 용접 중의 피검사체의 표면 온도 분포와 용접부의 물리적 성상의 관계에는 편차가 있는 것이 보통이며, 양품(non-defective product)을 불량품(defective product)으로 판정하거나, 반대로 불량품을 양품으로 판정하는 경우가 있다.

[0015] (3) 비파괴 시험(특허문헌 2)

[0016] 용접부의 조직으로부터의 반사파는 매우 미약한 것이며, 수신한 신호를 증폭하고, 해당 증폭된 신호를 휘도 변환하여 화상화한다. 이 때, 집속된(focused) 초음파 빔을 이용하기 때문에, 용접부의 조직으로부터의 반사파가 얻어지지 않는 경우가 있다. 또, 수신 신호(received signal)를 증폭할 때에, 용접부의 조직으로부터의 반사파 이외의 신호, 예를 들면 표면 반사파(surface-reflected wave)나 송신파(transmitter pulse)의 테일링(ultrasonic tailing), 초음파 프로브내의 잔향(echo) 등도 강조되어, 명료한 화상을 얻기 어렵다.

[0017] 본 발명은 이러한 문제점을 감안해서 이루어진 것으로서, 파괴 시험이나 간접 측정에 의한 것이 아닌, 비파괴 시험에 있어서 용접부의 조직을 명료하게 가시화하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0018] 본 발명은 피검사체의 용접 방향과 직교하는 단면을 초음파 빔으로 주사하면서 피검사체 내부로부터의 반사 신호(reflected signal)를 수신하고, 수신한 반사 신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화해서 용접부의 조직을 검사하기 위한 용접부의 조직 형상의 화상화 방법에 있어서, 용접부의 조직으로부터의 반사파를 강조하는 것에 의해, 상기 과제를 해결한 것이다.

[0019] 상기 화상화시에, 수신하고 이산값화된 신호 파형(digitized signal wave form) Rb에 대해, 이동 평균 점수(average score) m으로 이동 평균 파형(moving average waveform) Ra를 감산함으로써, 수신 신호의 저주파 성분(slowly varying component)을 제거하여, 용접부의 조직으로부터의 반사 신호를 추출하고, 추출된 반사 신호만을 증폭하는 것에 의해, 더욱 명료하게 용접부의 조직으로부터의 반사파를 강조할 수 있다.

[0020] 상기 이동 평균 과정 Ra를 산출할 때에, 추출하고자 하는 주파수의 1과장의 길이를 Pt[sec], 이산값화의 샘플링 주파수(sampling frequency)를 Sp[Hz]로 하여, 이동 평균 점수 m을 $Pt \times Sp$ [점]으로 하는 것이 좋다.

[0021] 또, 피검사체의 용접 방향에 대해 다른 복수의 위치에서, 용접 방향과 직교 하는 단면을 집속된 초음파 빔으로 주사하여, 얻어진 초음파의 수신 신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화하고, 용접 방향에 대한 복수의 위치에서 주사하여 얻어진 복수의 화상을 중첩하고, 중첩되는 화소의 최대값을 유지하는 것에 의해, 용접부의 조직으로부터의 반사파를 강조할 수 있다.

[0022] 또, 상기 초음파 빔의 송수신을 소정의 주파수로 반복하는 동시에, 수신한 반사 신호를 초음파 빔의 송신과 동기하여 가산하는 것에 의해, 용접부의 조직으로부터의 반사파를 강조할 수 있다.

[0023] 여기서, 상기 초음파 빔의 최대 주사 속도(maximum scan speed)가 Vm [mm/sec]이고, 주사 피치(scan pitch)가 D [mm], 동기 가산의 평균 점수(number of synchronous addition processing)가 K [점]일 때, 초음파의 반복 송수신 주파수(repeated transmitted and received frequency) Kp [Hz]를 다음 식

[0024]
$$Kp = Vm \times (1/D) \times K$$

[0025] 에 의해 결정할 수 있다.

[0026] 본 발명은 또, 피검사체의 용접 방향과 직교하는 단면을 초음파 빔으로 주사 하면서 피검사체 내부로부터의 반사 신호를 수신하고, 수신한 반사 신호에 의거하여 주사한 단면을 화상화해서 용접부의 조직을 검사하기 위한 용접부의 조직 형상의 화상화 장치에 있어서, 용접부의 조직으로부터의 반사파를 강조하는 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 용접부의 조직 형상의 화상화 장치를 제공하는 것이다.

발명의 효과

[0027] 종래 기술에서는 화상화해서 얻어진 단면형상을 더욱 명료하게 하기 위해, 휘도를 증폭하는 등 했을 때, 강조하고자 하는 신호 이외의 신호(노이즈(noise))도 함께 증폭되어 버리기 때문에, 명료한 화상을 얻는 것이 곤란하였다. 예를 들면, 형상을 더욱 선명하게 보기 위해, 휘도를 증폭해서 표시하면, 표면 반사파 또는 송신파의 테일링이나 탐촉자 내부의 잔향도 함께 강조되어 버린다고 하는 문제가 있었다. 또한, 초음파 빔을 집속하고 있기 때문에, 용접부의 조직 형상의 영향을 받기 쉽고, 부분적으로 형상에 「빠짐(darkness area)」이 생긴다고 하는 문제도 있었다. 여기서, 「빠짐」은 화상에 있어서 불명료한 부분을 말한다.

[0028] 본 발명에 의하면, 피검사체의 용접 방향과 직교하는 단면에서 초음파 빔을 주사하고, 주사해서 얻어진 각 수신 신호에 나타나는 베이스 노이즈(base noise)를 이동 평균 처리(moving-average method)에 의해 추출하고, 이것을 수신 신호에서 감산한 후, 감산 후의 신호의 진폭(amplitude)을 증폭한 것에 의해 명료하게 용접부의 조직의 형상을 화상화하는 것이 가능하게 되었다. 또한, 용접선(weld line)의 긴쪽 방향에 대해 복수 개소에서 화상화한 화상을 중첩하고, 중첩되는 화소에 대해 진폭을 비교하여, 화소의 값의 최대값을 추출함으로써, 용접부의 조직 형상의 「빠짐」을 저감시키고, 더욱 명료한 가시화가 가능하게 되었다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 실시형태를 나타내는 일부 블록도(block diagram)를 포함하는 사시도(perspective view)이다.

도 2는 상기 실시형태에 있어서의 동기 가산 처리(synchronous addition processing)의 일예를 설명하는 도면이다.

도 3은 상기 실시형태에 있어서의 구형 펄스 신호(rectangular pulse signal)의 변환부의 동작 이미지를 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명에 있어서의 용접부의 조직과 모재의 경계로부터 반사가 얻어지는 원리를 설명하는 도면이다.

도 5는 상기 실시형태에 있어서의 이동 평균 신호의 감산 처리(processing to subtract moving average waveform)를 설명하는 도면이다.

도 6은 상기 실시형태에 있어서의 이동 평균 신호의 감산 처리의 효과를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명에 의한 최대 휘도의 추출 처리의 필요성을 나타내는 도면이다.

- 도 8은 상기 실시형태에 있어서의 최대 휘도의 추출 처리를 설명하는 도면이다.
- 도 9는 상기 실시형태에 있어서의 측정된 파형을 메모리에 저장하는 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 10은 상기 최대 휘도의 추출 처리에 있어서의 화상 변환(image translation)을 설명하는 도면이다.
- 도 11은 최대 휘도의 추출 처리전의 화상의 예를 나타내는 도면이다.
- 도 12는 최대 휘도의 추출 처리의 효과를 나타내는 도면이다.
- 도 13은 본 발명의 실시예에 있어서의 화상화 방법 전체의 수순을 나타내는 흐름도이다.
- 도 14는 본 발명의 실시예에 있어서의 1단면 화상화 방법 및 화상화 결과의 예를 나타내는 도면이다.
- 도 15는 본 발명의 실시예에 있어서의 최대 휘도의 추출 처리의 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 발명을 실시하기 위한 실시형태에 대해, 도 1을 이용하여 설명한다. 도 1에 있어서, S는 피검사체, '1'은 모재, '2'는 용접부의 조직, '3'은 초음파 프로브, B는 초음파 빔(이하, 단지 빔이라고도 함), '4'는 C방향(피검사체의 횡단(크로스) 방향) 주사 수단, '5'는 L방향(피검사체의 긴쪽 방향) 주사 수단, '6'은 초음파 송신 수단, '7'은 초음파 수신 수단, '8'은 A/D 변환부(analog/digital converter), '9'는 신호 처리부(signal processor)이며, '10'은 이동 평균 파형의 감산부, '11'은 최대 휘도의 추출 처리부, '12'는 출력부(output part)이다.
- [0031] 피검사체 S에 대해, 초음파 프로브(3)를 C방향 주사 수단(4)으로 주사하면서, 미리 설정한 측정 피치 D[mm]마다 초음파 송신 수단(6)에서 초음파 프로브(3)의 진동자(transducer)를 구동시켜 초음파를 송신하고, 피검사체 S로부터 반사해 온 초음파 신호를 초음파 수신 수단(7)에서 수신하고, A/D 변환부(8)에서 이산값 변환(discretization)을 실행하며, 신호 처리부(9)에 수신 신호를 반복 입력해 간다. 이 때, 음향 결합 방법(acoustic coupling method)은 전몰 수침법(immersion method), 국부 수침법(local immersion method), 직접 접촉법(contact method), 박막 결합법(method using thin film)의 어느 방법이라도 상관없다.
- [0032] 초음파 프로브(3)에서 수신된 반사파는 초음파 수신 수단(7)에서 초기 증폭 및 주 증폭, 필터 처리가 실시되고, A/D 변환부(8)에 의해 아날로그 신호로부터 이산값 변환되어, 신호 처리부(9)로 보내진다.
- [0033] 피검사체 S의 용접부(2)의 조직으로부터의 반사파는 통상의 탐상으로 포착되는 반사 신호보다 상당히 미약한 것이며, 전기 노이즈에 대해 신호 대 노이즈비(signal-to-noise ratio)를 향상시키기 위해, 이산값 변환 전후에서 동기 가산의 평균 처리를 실시하는 것이 바람직하다. 이하에, 동기 가산 평균 처리의 일예를 설명한다.
- [0034] 도 2에 동기 가산의 평균 처리의 예를 설명하기 위한 도면을 나타낸다. 도 2에 있어서, '13'은 C방향 주사 수단(4)을 제어하여 초음파 프로브를 C방향으로 주사하기 위한 C방향 주사 수단의 제어부, '14'는 초음파 프로브(3)의 C방향에 있어서의 위치를 검출하여, 미리 설정된 간격 D[mm]로 펄스 신호를 출력하는 C방향 위치 검출 수단, '15'는 C방향 위치 검출 수단(14)으로부터 입력된 펄스 신호를 변환하여 펄스 신호를 출력하는 구형 펄스 신호의 변환부이다.
- [0035] C방향 주사 수단의 제어부(13)에 의해 C방향 주사 수단(4)은 제어되어 초음파 프로브(3)를 주사한다. 이 때, C방향 주사 수단(4)의 최대 주사 속도를 V_m [mm/sec], 주사 피치를 D [mm], 동기 가산의 평균 점수를 K [점]으로 한다. 미리, 주사 피치 D [mm]마다 C방향 위치 검출 수단(14)으로부터 구형 펄스 신호(예를 들면, TTL 레벨 신호(transistor-transistor logic level signal))가 출력되도록 설정해 둔다. 초음파 프로브(3)를 C방향 주사 수단(4)에서 주사했을 때, 주사 피치 D [mm]마다 구형 펄스 신호가 출력되고, 이 구형 펄스 신호는 구형 펄스 신호의 변환부(15)에 입력된다. 여기서, 주사 피치 D (mm)은 측정 공간 분해능이다.
- [0036] 도 3은 구형 펄스 신호의 변환부(15)의 동작 이미지를 설명하는 도면이다. 도 3의 (a)는 구형 펄스 신호의 변환부(15)에 입력되는 신호, 도 3의 (b)는 구형 펄스 신호의 변환부(15)로부터 출력되는 신호이다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 구형 펄스 신호의 변환부(15)에 입력되는 D [mm]마다의 펄스 신호와 동기하여, 다음 식으로 나타나는 반복 주파수(PRF) K_p [Hz]로 구형 펄스 신호를 K 회 출력한다.
- [0037]
$$K_p = V_m \times (1/D) \times K \cdots (1)$$

- [0038] *미리 설정된 D[mm]마다 구형 펄스 신호가 K회 출력되므로, 이 펄스와 동기시켜 초음파의 송수신을 실행하고, K개의 수신 신호를 취득하여, 동기 가산의 평균 점수 K[점]의 동기 가산의 평균 처리를 실행한다. 이와 같이 함으로써, C방향 주사 수단(4)의 가감속에 관계없이, 소정의 D[mm]마다 동기 가산의 평균된 수신 신호를 취득할 수 있다.
- [0039] 동기 가산의 평균 처리는 도 1 및 도 2에 있어서의 A/D 변환부(8)에서 이산값화된 후, 신호 처리부(9)에서 실행해도 좋고, 전용의 하드웨어(hardware)에서 처리를 실행하고, D/A 변환된 출력 결과를 A/D 변환부(8)에서 입력하도록 해도 좋으며, 그 처리 수순은 본 발명의 요지를 이탈하지 않는 범위에서 다양하게 변형하는 것이 가능하다.
- [0040] C방향으로 주사해서 초음파를 송수신할 때에, 송신하는 초음파의 빔 사이즈(beam size)는 작은 것이 바람직하다. 도 4에 초음파에 의한 모재와 용접부의 조직의 경계로부터의 반사가 얻어지는 메커니즘(mechanism)을 나타낸다.
- [0041] 용접부(2)의 조직은 모재(1)보다 결정립이 조대하며, 결정마다 음속이 다르다. 빔 사이즈가 큰 경우, 도 4의 (a)와 같이, 결정 방위에 의한 음속의 차가 평균화되어 버리고, 모재(1)와 용접부(2)에서 음속이 대략 동일하게 되어 버려, 경계면으로부터의 반사파를 얻기 어려워진다. 한편, 빔 사이즈를 작게 하면, 도 4의 (b)와 같이, 음속의 평균화의 영향은 작고, 용접부(2)와 모재(1)에서 음속이 약간 다르며, 빔 사이즈가 클 때보다도 반사파를 얻기 쉬워진다. 따라서, 초음파 빔 B의 빔 사이즈는 작은 것이 바람직하고, 그 빔 사이즈는 용접부(2)의 조직의 평균 입경까지 좁히는 것이 바람직하다. 구체적으로 바람직한 빔 사이즈는 휠의 림 용접에서는 70~100 μ m 정도, UOE 강관이나 전봉 용접관 등에서는 300~1000 μ m 정도이다. 빔 사이즈가 작은 초음파 빔을 송신하는 수단으로서 초음파 프로브(3)는 단일의 진동자로 이루어지는 프로브, 또는 복수의 진동자가 1차원 또는 2차원으로 배치된 어레이 프로브의 어느 것을 이용해도 상관없다. 단일의 진동자로 이루어지는 프로브를 이용할 때에는 송신 주파수를 예를 들면 50MHz 정도로 높게 설정하고, 음향 렌즈에 의해 초음파 빔을 집속한다. 어레이 프로브를 이용할 때에는 단일의 진동자로 이루어지는 프로브를 이용할 때와 마찬가지로, 송신 주파수는 높게 하고, 각 진동자의 송신 타이밍(transmitting timing)을 제어함으로써, 초음파 빔을 집속한다.
- [0042] 피검사체 S에 대해, 초음파 송신 수단(6)에 의해 초음파 프로브(3)의 진동자를 구동하여 초음파를 송신한다. 용접부(2)의 조직으로부터 얻어지는 반사파는 매우 미약한 신호이기 때문에, 전기 노이즈에 대해, S/N을 확보하기 위해, 초음파의 송신 전압은 200~300V 이상이 바람직하다.
- [0043] 도 1 및 도 2에 있어서의 A/D 변환부(8)에서 이산값화된 신호는 이동 평균 파형의 감산부(10)로 보내진다. A/D 변환부(8)에서 이산값화된 파형의 진폭을 그대로 증폭하고, 휘도 변환하면, 용접부(2)의 조직으로부터의 반사 에코 이외의 에코, 예를 들면 T펄스 또는 S에코의 테일링이나, 초음파 프로브 내부의 잔향 노이즈(echo noise)와 같은 저주파의 베이스 노이즈도 동시에 증폭되어 버려, 결과적으로 명료한 화상을 얻을 수 없다. 여기서, T펄스는 직접 접촉법에 있어서의 송신 펄스, S에코는 수침법에 있어서의 피검사체 표면으로부터의 반사 에코를 말한다.
- [0044] 그래서, 도 1 및 도 2에 있어서의 이동 평균 파형의 감산부(10)에서는 도 5에 나타내는 바와 같이, 수신하고 A/D 변환된 파형에 대해 베이스 노이즈만을 추출하고, 이 베이스 노이즈를 파형 형상에서 감산하고, 그 후, 증폭함으로써, 피검사체 S 내부로부터의 반사파만을 강조한다. 파형의 이동 평균 점수 m은 송신 파형 펄스의 1과장의 길이를 Pt[sec], 이산값의 샘플링 주파수를 Sp[Hz]로 해서, 다음식에서 구해지는 값으로 하는 것이 바람직하다.
- [0045]
$$m = Pt \times Sp \cdots (2)$$
- [0046] 송신 펄스의 1과장의 길이 Pt는 피검사체 S의 저면 반사파(bottom echo)의 에코를 사전에 측정하고, 측정된 파형 형상으로부터 결정한다. 피검사체 S의 조직에 의한 주파수의 감쇠를 고려하지 않아도 좋은 경우에는 수침법(전물 수침법이나 국부 수침법, 수주(水柱)법 포함)의 경우에는 피검사체 S의 표면 반사파를 이용해서 1과장의 길이를 측정하고, 그 파형으로부터 결정해도 좋다. 또, 한 번 화상화한 후, 임의로 강조하고자 하는 반사파형을 선택하고, 그 파형 형상으로부터 Pt를 결정해도 좋다.
- [0047] 강조하고자 하는 주파수의 1과장의 길이 분만큼 이동 평균 처리를 실행하면, 도 5에 나타내는 바와 같이, 송신 파형 펄스 또는 추출한 주파수 성분의 파형만이 상쇄되어, 베이스 노이즈만을 추출할 수 있으며, 이 베이스 노이즈를 원신호에서 감산함으로써, 베이스 노이즈를 제거할 수 있다. 그러므로, 이동 평균 파형의 감산 처리를 실시함으로써, 베이스 노이즈는 강조되지 않고 용접부(2)의 조직으로부터의 반사 에코만을 증폭하는 것이 가능

하게 된다. 이동 평균 파형의 감산 처리는 1단면분에 상당하는 초음파 파형을 수신한 후에 일괄해서 계산해도 좋고, 주사하면서 초음파의 송수신마다 계산해도 좋다.

[0048] 도 6에 이동 평균 파형의 감산 처리의 효과를 나타낸다. 도 6은 주파수 50MHz, 초점 근방에서의 초음파 빔 사이즈가 70μm 정도인 초음파 빔을 이용하여, 휠의 림 용접 부분을 화상화한 예이다. 초음파 프로브를 XY 주사(스캔) 가능한 스캐너(scanner)에 부착하고, C방향으로 주사하면서 초음파의 송수신을 실행하고, 수신 신호를 A/D 변환 장치에서 이산값화하여 계산기(calculator)에 입력하고, 휘도 변환하여 표시한 것이다. 도 6의 (a)는 이동 평균 파형의 감산 처리를 실시하기 전의 예이며, 도 6의 (b)는 도 6의 (a)에 대해 이동 평균 파형의 감산 처리를 실시한 예이다. A/D 변환 장치의 샘플링 주수는 500MHz로 하고 있다. 이동 평균 파형의 감산 처리에 이용하는 파형은 50MHz의 주파수 성분만을 남기도록, (2)식을 이용해서 m=10점으로서 계산하고 있다.

[0049] 도 6의 (a)에서는 용접부(2)의 조직의 반사 이외에도 저주파 성분이 증폭되어 있는 것을 알 수 있다. 그러나, 본 발명을 실시한 도 6의 (b)에서는 저주파 성분이 제거되고, 용접부(2)의 조직이 명료하게 화상화되어 있는 것을 알 수 있다.

[0050] 다음에, 도 1 및 도 2에 있어서의 최대 휘도의 추출 처리부(11)에 대해 설명한다. 초음파의 반사파형의 진폭을 휘도 변환하여 단면 형상을 화상화하면, 도 7에 나타내는 예와 같이, 부분적으로 「빠짐」이 생겨 버리는 경우가 있다(도 7중의 점선내). 이를 해결하기 위해, 최대 휘도의 추출 처리를 실시한다.

[0051] 최대 휘도의 추출 처리에 대해, 주로 도 1과 도 8을 이용해서 설명한다. 도 8은 도 1 및 도 2에 있어서의 최대 휘도의 추출 처리부(11)의 상세를 나타내는 도면으로서, '16'은 L방향 주사 수단(5)의 제어부, '17'은 메모리 제어부, '18'은 화상 변환부, '19'는 최대 휘도의 계산부이다.

[0052] 우선, 도 1에 있어서, 위치 P1에 있어서 C방향 주사 수단(4)으로 초음파 프로브(3)를 주사하면서, 초음파를 송수신하고, 수신한 신호를 A/D 변환부(8)에서 이산값 변환하여, 신호 처리부(9)로 보낸다. 신호 처리부(9)에서 전술한 동기 가산의 평균 처리나 이동 평균 파형의 감산 처리 등의 전처리가 실행되고, 최대 휘도의 추출 처리부(11)의 내부에 있는 메모리 M1~Mn에 저장된다. 메모리 제어부(17)는 L방향 주사 수단의 제어부(16)로부터, 초음파로 측정된 위치의 정보를 취득하여, 위치 P1에서 측정한 수신 신호이면 메모리 M1에, 위치 P2에서 측정한 수신 신호이면 메모리 M2에와 같이, 위치 Pn에서 측정한 수신 신호를 메모리 Mn에 저장한다.

[0053] 위치 Ps에서 측정된 파형을 메모리 Ms에 저장하는 방법으로 대해, 도 9를 이용해서 설명한다. 도 9 중, D1~Dn은 C방향에 대해 파형을 측정된 위치이다. 도 9에서는 C방향에 대해 m점의 위치에서 파형을 측정했다고 가정한다. 이 경우, 각 파형은 A/D 변환부(8)에 의해서 이산값화되고, 전술한 이동 평균 파형의 감산 처리와 같은 전처리가 실시되고, 메모리 Ms에 저장된다. A/D 변환부(8)에서는 파형을 Sd점으로 이산값화한다. 메모리 Ms는 이차원의 매트릭스로 되어 있다. 메모리 M1~Mn은 각각, 이차원 구조로 하고 있다. 이하, 위치 Ps에 있어서, C방향의 위치 D, 파형의 전파시간 방향 t에 있어서의 이산값화된 값은 Ms(x, t)로 표기하기로 한다.

[0054] 메모리 M1~Mn에 저장된 파형 데이터는 도 8에 나타내는 바와 같이, 화상 변환부(18)를 통해, 화상 데이터 B1~Bn으로 변환된다. 초음파의 수신 신호 및, 동기 가산의 평균 처리나 이동 평균 파형의 감산 처리 등의 전처리된 초음파의 수신 신호는 도 9에 나타내는 바와 같은 정부(正負)의 진폭을 가진 파형형상을 하고 있다. 화상 변환부(18)에 의해 초음파의 수신 신호로부터 화상으로 변환하기 위해서는 도 10의 (a)와 같이 정부에 진폭을 가진 파형에 대해 전파 정류를 실행하고, 도 10의 (b)에 나타내는 부의 진폭을 정측으로 되풀이한 형상으로 한 번 변환한다. 그 후, 전파 정류된 파형의 진폭으로 휘도를 할당한다. 할당의 관계를 다음 식에 나타낸다.

[0055]
$$B_n(x, y) = \begin{cases} M_n(x, t) & (M_n(x, t) \geq 0) \\ -M_n(x, t) & (M_n(x, t) < 0) \end{cases} \dots(3)$$

[0056] 메모리에 저장되어 있는 C방향으로 주사해서 얻어진 파형 전부에, 이 동작을 반복 실행하고, 초음파 파형으로부터 화상을 작성한다. 이하, 화상 Bn상의 임의의 위치(x, y)에 있어서의 휘도를 Bn(x, y)로 표기하기로 한다. 여기서, x는 C방향, y는 깊이 방향의 위치이다.

[0057] 작성된 화상 B1~Bn으로부터 다음 식에 나타내는 바와 같이 중첩하고 대응하는 각 화소 데이터를 비교해서 최대 휘도를 추출하고, 출력 화상 B를 작성한다.

[0058]
$$B(x, y) = \text{Max}\{B_s(x, y) ; s=1 \sim n\} \dots(4)$$

[0059] 도 11은 최대 휘도의 추출 처리에 이용하는 화상의 예로서, 긴쪽 방향으로 0.5mm씩 P1, P2, P3, P4의 각 위치에

서, 주파수 50MHz, 초음파 빔 B의 초점 근방에서의 빔 사이즈 직경이 70 μ m 정도를 송신할 수 있는 프로브(3)에서 0.1mm 피치로 초음파를 송수신하여, A/D 변환 후에 전송한 이동 평균 파형의 감산 처리를 실시하여, 전파 정류(full-wave rectification)하고, 얻어진 신호 진폭을 휘도 변환하여 작성한 화상이다. P1~P4의 4개의 화상의 최대 휘도를 추출하여 화상화한 결과가 도 12이다. 도 11의 각 화상에 비해, 도 12는 용접부(2)의 조직을 명료하게 가시화할 수 있으며, 최대 휘도의 추출 처리의 효과를 확인할 수 있다.

- [0060] 또한, 초음파의 송수신의 방식은 수직법(straight beam technique)에 한정되지 않으며, 사각(斜角)법(angle beam technique)이나 탠덤법(tandem probe method)에 적용해도 상관없다.
- [0061] 또, 본 발명의 적용 대상은 휠의 용접부에 한정되지 않으며, 강관의 맞댐 용접부, 필릿 용접부, 강관의 용접부 등에도 마찬가지로 적용 가능하다.
- [0062] [실시예]
- [0063] UOE 강관(UOE steel pipe)의 용접부의 조직 형상에 대해, 탠덤법(tandem probe method)을 적용하여, 본 발명에 의한 화상화(imaging)를 실행하였다.
- [0064] 도 13에 본 실시예에 있어서의 화상화 방법 전체의 흐름도를 나타낸다. 관측방향으로 주사(스캔)하면서 1단면에 있어서의 빔 주사(beam scanning) 및 화상화를 복수 실행하고, 얻어진 복수의 1단면 화상을 최대 휘도의 추출 처리에 의해 합성하고, 용접부의 화상을 취득하고 있다.
- [0065] 구체적으로는 도 13의 좌측에 나타난 스텝 100에서, 프로브(30)를 관측방향(도 14의 지면에 수직인 방향)에 대한 주사 개시 위치에 맞춘다.
- [0066] 다음에, 스텝 110에서 1단면의 화상화를 실행한다. 구체적으로는 도 13의 우측에 나타내는 바와 같이, 먼저, 스텝 111에서, 빔 B를 주사 개시 위치(도 14에서는 좌측의 위치)에 맞춘다.
- [0067] 다음에, 스텝 112에서 탠덤법에 의한 측정을 실행한다.
- [0068] 스텝 113에서 두께 방향의 주사가 완료되었는지 완료되지 않았는지를 판정하고, 완료되어 있지 않은 경우에는 스텝 114에서, 프로브(30)의 어레이 설정을 변경하는 것에 의해서, 빔을 두께 방향으로 1피치분(예를 들면 0.5 mm) 이동(전자 주사)하고, 스텝 112로 되돌린다.
- [0069] 한편, 스텝 113의 판정 결과가 정(positive)이고, 두께 방향의 주사가 완료했다고 판정될 때에는 스텝 115로 진행하고, 관측과 수직인 방향(도 14의 좌우 방향)의 주사가 완료되었는지 완료되지 않았는지를 판정한다. 판정 결과가 완료되지 않은 경우에는 스텝 116으로 진행하고, 빔 B를 관측과 수직 방향으로 1피치분(예를 들면, 0.1 mm) 이동(기계 주사)한다. 다음에, 스텝 117로 진행하고, 빔 B를 두께 방향 주사 개시 위치(예를 들면, 피검사체 S의 표면 위치)에 맞추고, 스텝 112로 되돌린다.
- [0070] 한편, 스텝 115의 판정 결과가 정이고, 관측과 수직인 방향의 주사가 완료되었다고 판정되었을 때에는 스텝 118로 진행하고, 측정 결과로부터 1단면의 화상을 작성하고, 1단면 화상화를 종료한다.
- [0071] 스텝 111 내지 118을 반복하여, 스텝 110의 1단면의 화상화를 실행한 후, 도 13의 좌측의 스텝 120으로 진행하고, 관측 방향 주사가 완료되었는지 완료되지 않았는지를 판정한다. 판정 결과가 완료되지 않은 경우에는 스텝 130으로 진행하고, 프로브(30)를 관측방향으로 1피치분(예를 들면 10mm) 이동하여, 스텝 110으로 되돌리고, 다음의 1단면에 있어서의 화상화를 실행한다.
- [0072] 스텝 120의 판정 결과가 정이고, 관측방향의 주사가 완료되었다고 판정될 때에는 스텝 140으로 진행하고, 최대 휘도 추출 처리 화상의 작성이 완료되었는지 완료되지 않았는지를 판정한다. 판정 결과가 완료되지 않은 경우에는 스텝 150으로 진행하고, 화상화 영역 중의 1점을 지정하고, 스텝 160에서, 전체 화상의 휘도 판독이 완료되었는지 완료되지 않았는지를 판정한다.
- [0073] 스텝 160의 판정 결과가 완료되지 않은 경우에는 스텝 170으로 진행하고, 취득한 화상으로부터 지정점에 대응하는 화소의 휘도를 판독하고, 스텝 160으로 되돌린다.
- [0074] 한편, 스텝 160의 판정 결과가 정이고, 전체 화상의 휘도 판독(reading brightness value)이 완료되었다고 판정되었을 때에는 스텝 180으로 진행하며, 얻어진 휘도 중의 최대 휘도(maximal brightness value)를 추출하고, 스텝 140으로 되돌린다.
- [0075] 한편, 스텝 140의 판정 결과가 정이고, 최대 휘도의 추출 처리 화상의 작성이 완료되었다고 판정될 때에는 스텝

190으로 진행하며, 얻어진 최대 휘도를 합성하여 화상을 작성하고, 처리를 종료한다.

[0076] 도 14에 본 실시예에 있어서의 1단면의 화상화 방법 및 화상화 결과의 예를 나타낸다. 프로브로서는 주파수 10 MHz의 어레이 프로브(30)를 이용하고, 수침법(immersion method)에 의해 계측을 실행하고 있다. 어레이 프로브(30)는 지연 시간 제어(delay time control of array elements) 및 음향 렌즈에 의해 송신 빔/수신 빔의 집속을 실행하고 있으며, 빔 직경은 약 1mm이다. 초음파 빔 B의 주사는 두께 방향에 대해서는 어레이 프로브(30)의 송수신 진동자 선택 및 지연 시간 제어(delay time control of array elements)에 의한 전자 주사(electronic scanning)에 의해 실행하고 있고, 관측과 수직 방향에 대해서는 기계 주사(mechanical scanning)에 의해 실행하고 있다. 이 방법에 의해, 두께 방향으로 0.5mm 피치, 관측과 수직 방향으로 0.1mm 피치로 빔 주사를 실행하면서 계측을 실행하고, 검출한 반사 신호에 의거하여 화상화를 실행하였다. 계측 대상은 두께 38mm의 UOE 강관의 용접부이며, 화상화 범위는 두께 방향 외면에서 내면까지, 관측과 수직 방향은 용접부를 중심으로 50mm의 범위이다.

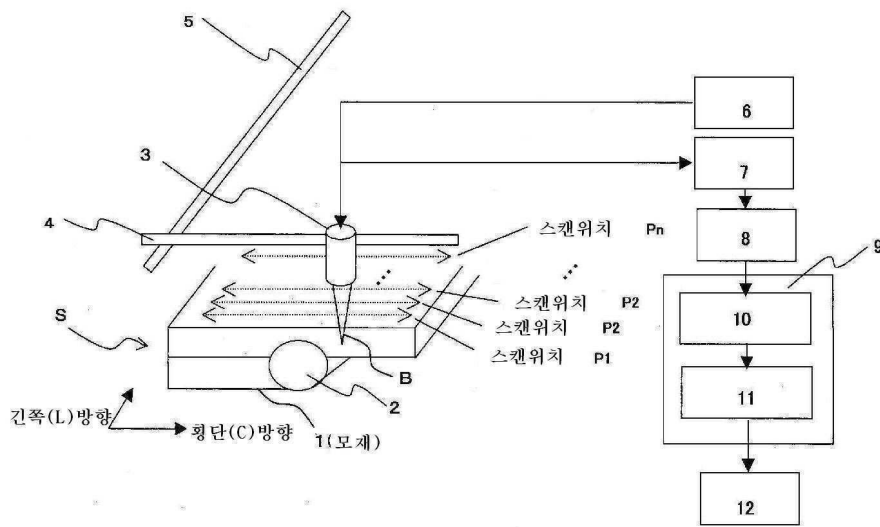
[0077] 도 15에 본 실시예에 있어서의 최대 휘도의 추출 처리의 예를 나타낸다. 도 14에 기재된 방법에 의한 1단면의 화상화를, 관측방향 10mm 피치로 이동하면서 10회 실행하고, 얻어진 10개의 단면의 화상으로부터 최대 휘도의 추출 처리를 실행하여 화상을 합성하였다. 이것에 의해, 1회의 화상화에 의해서는 용접부의 경계선상의 모든 점에 있어서 신호가 얻어지지 않은 경우에도 용접부의 경계선 전체를 화상화하는 것이 가능하다. 도 15에는 비교를 위해, UOE 강관의 용접부의 단면 매크로 사진의 예를 나타내고 있다. 사진과의 비교로부터, 본 실시예에서는 UOE 강관의 용접부의 용접부와 모재의 경계선, 및 용접부 중앙(용접 조직의 방향이 변화되어 있음)을 화상화할 수 있는 것을 알 수 있다.

부호의 설명

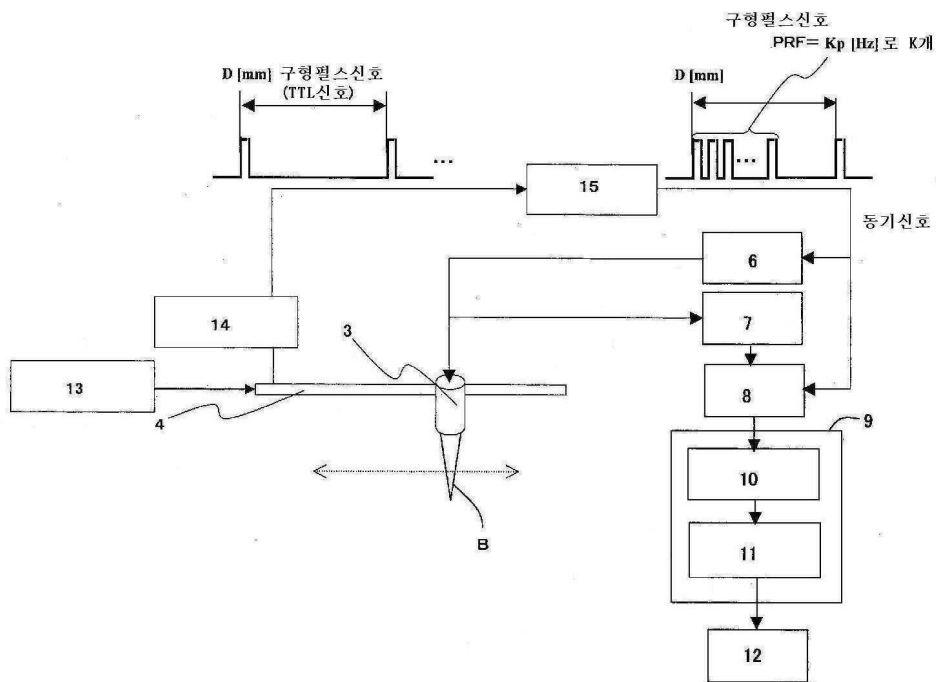
- [0078]
- S...피검사체
 - 1...모재
 - 2...용접부
 - 3...초음파 프로브
 - B...초음파 빔
 - 4...C방향 주사 수단
 - 5...L방향 주사 수단
 - 6...초음파 송신 수단
 - 7...초음파 수신 수단
 - 8...A/D 변환부
 - 9...신호 처리부
 - 10...이동 평균 파형의 감산부
 - 11...최대 휘도의 추출 처리부
 - 12...출력부
 - 13...C방향 주사 수단의 제어부
 - 14...C방향 위치 검출 수단
 - 15...구형 펄스 신호의 변환부
 - 16...L방향 주사 수단의 제어부
 - 17...메모리 제어부(memory controller)
 - 18...화상 변환부(image converter)
 - 19...최대 휘도의 계산부(maximal brightness calculator)
 - 30...어레이 프로브
 - P1, P2, ...Ps...Pn...스캔 위치
 - D...주사 피치
 - Ⓢ ...동기 가산의 평균 처리
 - Rb...수신 파형
 - Ra...이동 평균 파형
 - Rb-Ra...이동 평균 파형 감산 처리 파형
 - M1, M2, M3, ...Ms...Mn...메모리
 - D1, D2, ...Dm...위치
 - B1, B2, B3, ...Bn...Bs(x, y)...화상 데이터

도면

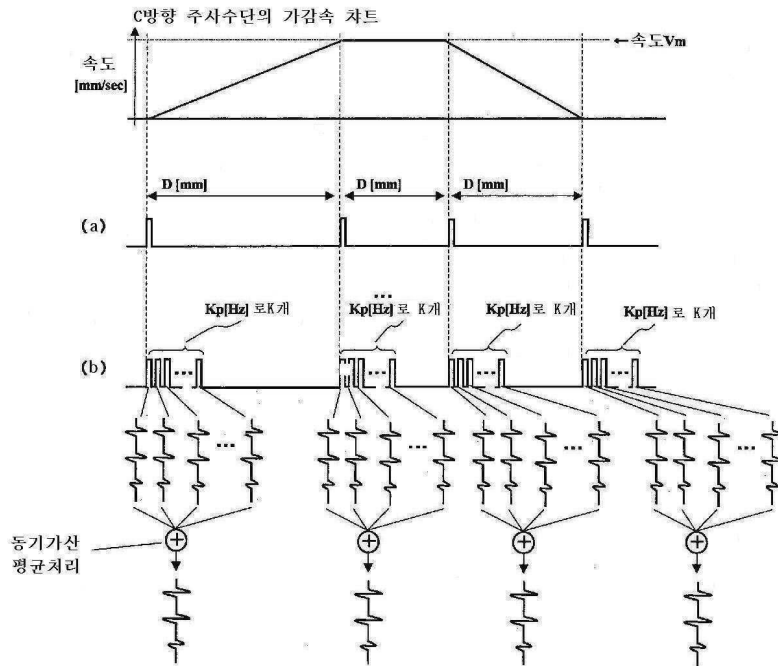
도면1



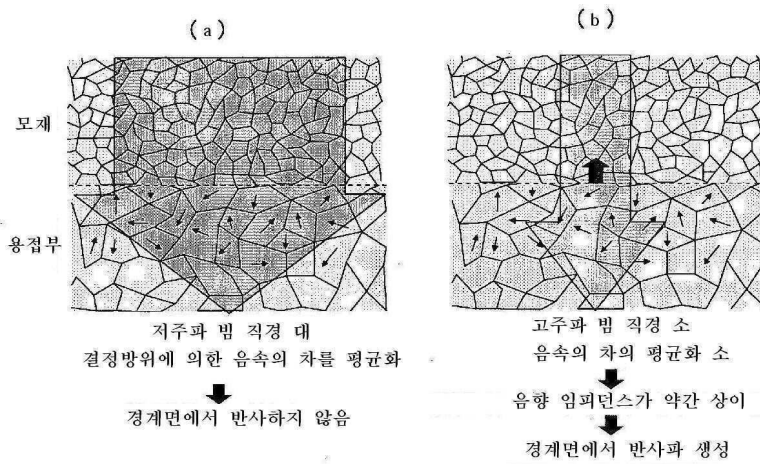
도면2



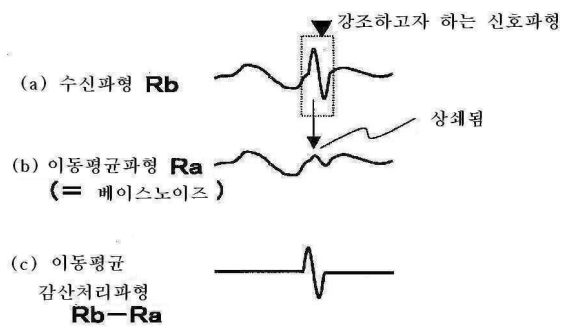
도면3



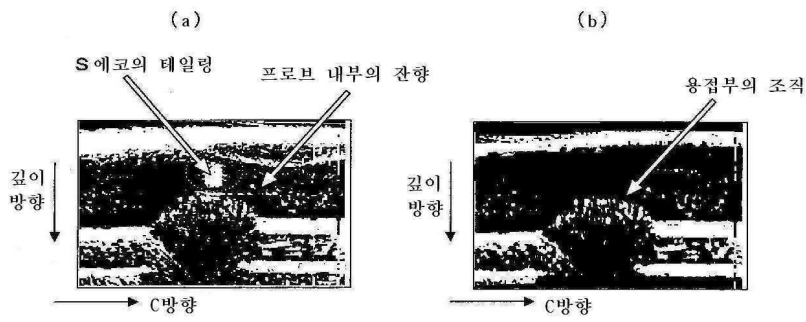
도면4



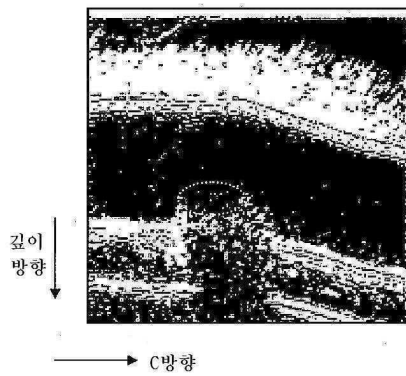
도면5



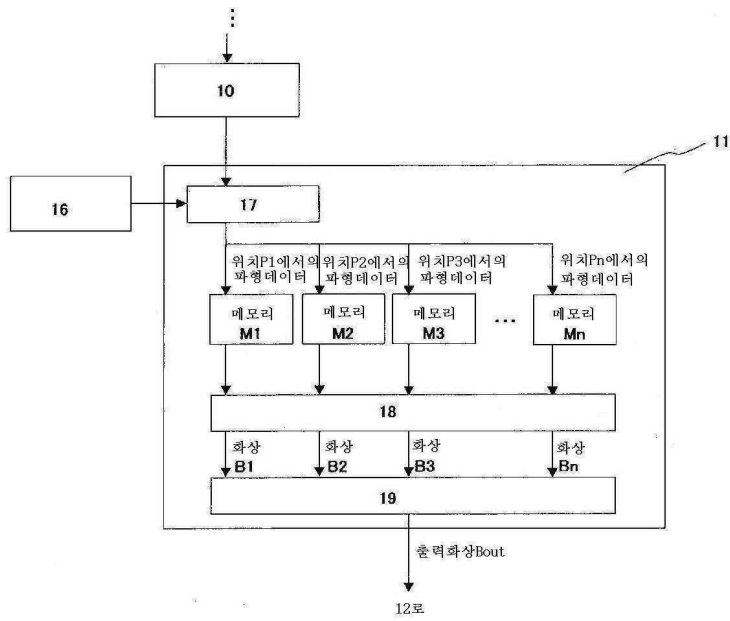
도면6



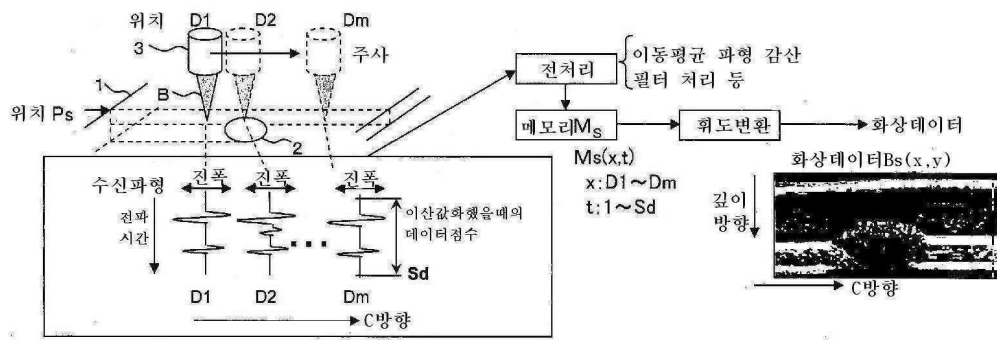
도면7



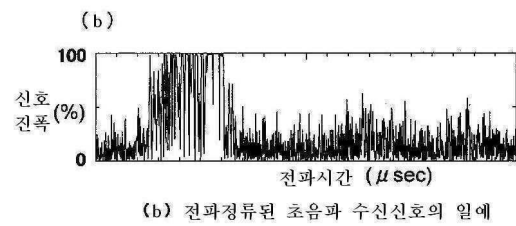
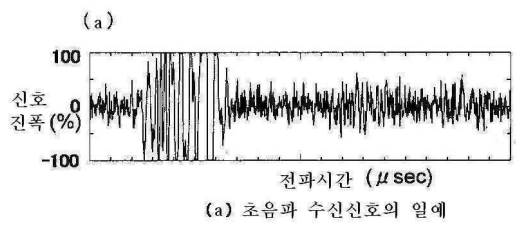
도면8



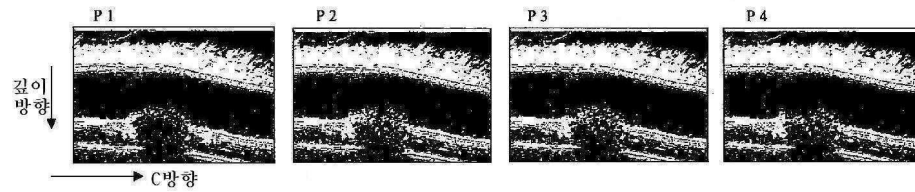
도면9



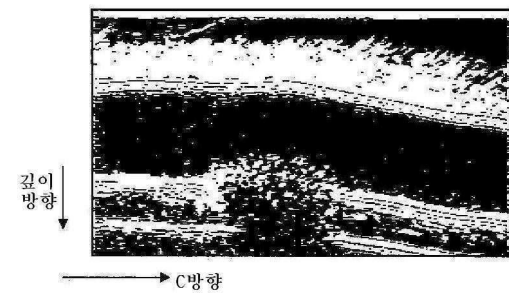
도면10



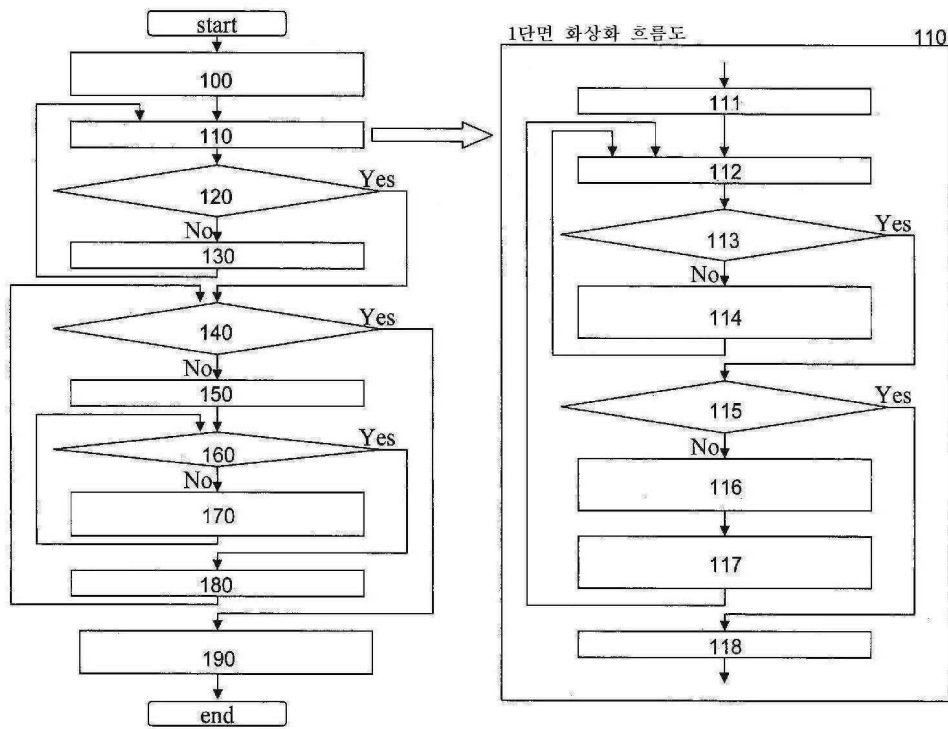
도면11



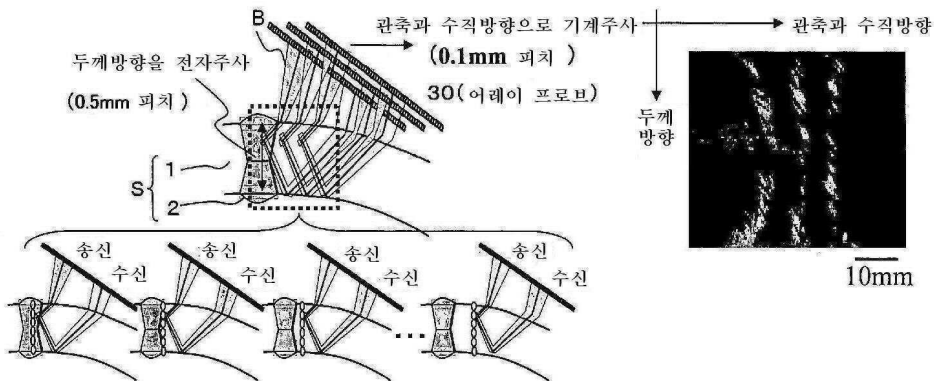
도면12



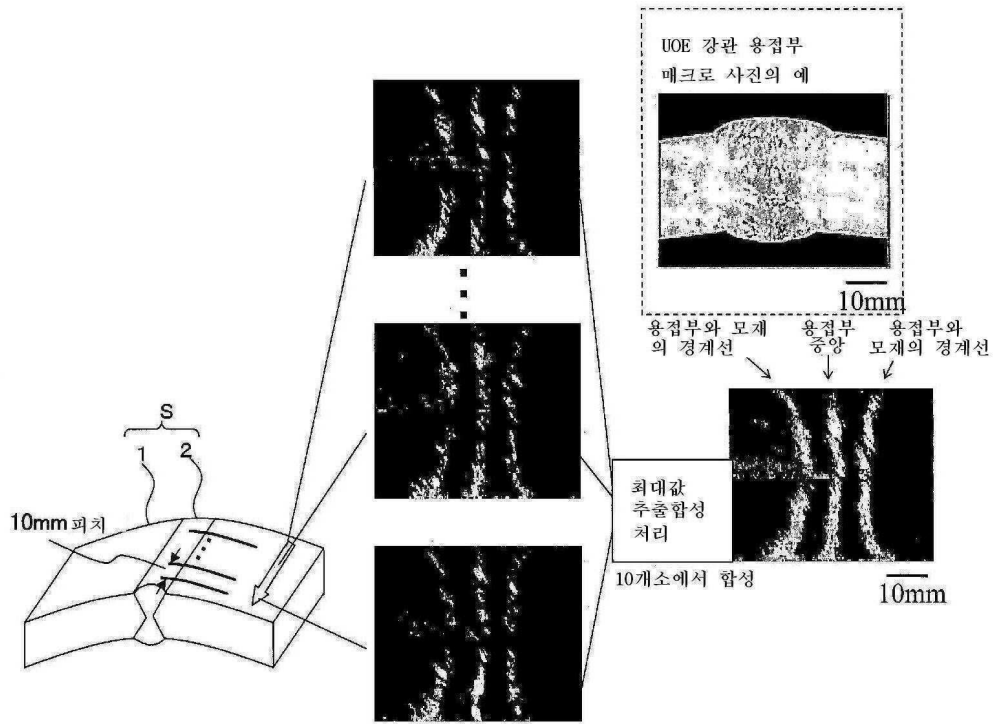
도면13



도면14



도면15



专利名称(译)	发明名称：用于成像WELD组织形成的方法和设备		
公开(公告)号	KR101391520B1	公开(公告)日	2014-05-07
申请号	KR1020147002898	申请日	2011-05-10
[标]申请(专利权)人(译)	杰富意钢铁株式会社		
申请(专利权)人(译)	该yiepeuyi钢铁有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	该yiepeuyi钢铁有限公司		
[标]发明人	MATSUI YUTAKA 마츠이유타카 IIZUKA YUKINORI 이이즈카유키노리 TAKADA HAJIME 다카다하지메 OZEKI TAKAFUMI 오제키다카후미		
发明人	마츠이유타카 이이즈카유키노리 다카다하지메 오제키다카후미		
IPC分类号	G01N29/06 A61B8/14		
优先权	2010108771 2010-05-10 JP 2011102435 2011-04-28 JP		
其他公开文献	KR1020140022116A		

摘要(译)

为了使得屏幕图像快速而且其精度(清晰度)具有焊接单元的构造,因为非破坏性检查特别地接收来自测试材料内部的反射信号,而横截面正交于将测试材料S的焊接方向扫描到超声波束B,并在焊接单元的构造成像中减去移动平均波形Ra,以便根据接收到的反射信号制作扫描截面的屏幕图像。并检查焊接单元(2)的组织到平均等级m。以这种方式,去除接收信号的低频分量,并且提取来自焊接单元的组织反射信号,并且仅基于超声波的扫描交叉的接收信号放大所提取的反射信号或扫描的横截面。垂直于焊接方向的部分关于测试材料在另一个多个位置的聚焦超声波束的位置的焊接方向,并且获得了关于焊接方向的多个位置扫描的多个图像的屏幕图像和多个图像并且获得重叠的像素并保持重叠像素的最大值。因此,强调了来自焊接单元组织的反射波。

