

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁴
G01N 29/04

(45) 공고일자 1987년06월29일
(11) 공고번호 특1987-0001259

(21) 출원번호	특1983-0006135	(65) 공개번호	특1984-0007180
(22) 출원일자	1983년12월23일	(43) 공개일자	1984년12월05일
(30) 우선권주장	233944 1982년12월24일 일본(JP)		
(71) 출원인	가부시끼 가이샤 고오베 세이코오쇼 마끼 후유히꼬 일본국 고오베시 쥬우오오꾸 와끼노히마쨌오 1쨌오메 3반 18고오		
(72) 발명자	오오시로 다께히꼬 일본국 고오베시 다루미꾸 마나비가오까 1쨌오메 6-26 이와사끼 마사요시 일본국 호오고겐 미끼시 미도리가오까마찌 히가시 3쨌오메 6-18 사하라 고우스께 일본국 고오베시 다루미꾸 다마쓰쨌오 이마즈 421-1 스즈끼 노리오 일본국 고오베시 기다꾸 하나야마다이 4반 25고오 우쓰미 히또시 일본국 고오베시 다루미꾸 시로가야마 2쨌오메 3반 5고오 미야께 가즈오 일본국 고오베시 나다꾸 쓰찌야마쨌오 8반 4311 아부라다니 겐지 일본국 고오베시 나다꾸 시로노시다도오리 3쨌오메 8반 7고오		
(74) 대리인	장용식		

심사관 : 양영환 (책자공보 제1311호)

(54) 전자주사를 이용하는 각 강편의 검사방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

전자주사를 이용하는 각 강편의 검사방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 종래 정규비임(normal beam)방법의 불감대를 도시한 것.

제2도는 본 발명에 따르는 각 비임(角beam)에 의한 검열의 불감대를 도시한 것.

제3도는 입사각과 굴절각에 대한 종파와 횡파음압(音壓)의 반향송신 변화를 나타내는 그래프.

제4도는 본 발명에 따르는 종파를 이용하여 각비임에 의한 검사를 함에 있어서 검사 영역을 도시한 것.

제5도는 정상 어레이(phased array)탐침의 개략도.

제6(a), (b), (c), (d)도는 정상 어레이 탐침에 의한 초음파 비임의 조절형태를 설명하는 선도.

제7도는 각강편(角鋼片)의 검열중 초음파 비임직경에 대한 $\phi 2\text{mm}$ 축동공의 S/N비를 설명하는 그래프.

제8(a), (b), (c)도는 각 강편에 대한 전자직선주사의 개념을 설명하는 선도.

제9도는 전자직선주사를 수행하기 위한 회로조직의 실예를 설명하는 선도.

제10(a), (b), (c)도는 각 강편에 대한 전자 부채꼴 주사의 개념을 설명하는 선도.

제11도는 전자 부채꼴 주사를 수행하는 회로조직의 실예를 설명하는 선도.

제12(a), (b), (c), (d)도는 전자부채꼴 주사를 전자부채꼴 주사와 직선주사와의 조합과 비교 설명하는 선도.

제13도는 정상 어레이 탐침(整相 array 探針)의 소자피치와 최대비임경각(傾角)과의 관계를 설명하는 선도.

제14도 및 15도는 각 강편에 대한 탐침배열의 응용실예를 설명하는 선도.

제16도는 표면하부결함을 포함하는 내부결함을 판별하는 정보공정과 검지모형을 설명하는 선도.

제17도는 판별공정의 원리를 설명하는 선도.

제18(a), (b)도는 초음파 비임의 입사점을 설명하는 선도.

제19도는 시료의 모서리 반향으로부터 입사점의 결정을 설명하는 선도.

제20도는 표면결함의 종류를 설명하는 선도.

제21도는 전자부채꼴주사와 직선주사와의 조합을 설명하는 선도.

제22도는 일개 결함으로부터 생긴 검지된 결함정보의 수집을 설명하는 선도.

제23도는 차륜형 탐침에 의한 검열 영역을 설명하는 도면.

제24도는 판별공정의 공정도.

제25도는 판별공정의 개념을 설명하는 선도.

제26도는 차륜형 탐침의 배열을 설명하는 선도.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 각 강편(角鋼片)의 초음파 검사방법에 관한 것으로 이 검사방법은 내부와 전체 표면층(깊이 : 수십mm)에 걸쳐 강편 표면하부의 결함을 포함한 내부결함을 새로운 검사방법을 사용하는 온-라인 시스템으로 또한 고속으로 유효하게 검지하는 것이다.

철주(鐵柱)와 강철봉의 이차 조절(conditioning)공업에 있어서는 근래에 인력의 절약, 에너지절약 및 원가절감을 위한 공정생략이 이루어져서 철주와 강철봉의 성형 조건은 더욱 극심하게 되었다. 따라서 적은 내포물에 의하여 유발되는 냉각단조중의 작업균열과 철 팽창도중의 균열은 여러가지 문제점을 야기시키고 있다. 이와같은 문제점을 해결하기 위하여 선철(銑鐵)제조와 강철제조중 내포물의 제거와 이의 혼입을 방지하기 위한 노외(爐外)제련기술과 또한 질을 보증하기 위한 관점에서 적은 내포물의 존재를 검지하기 위한 검사방법의 수립이 필수적인 것이 되었다.

이와같은 검사방법으로서의 강철봉의 초음파 검열방법이 공지되어 있는바, 이 방법에서는 강철봉을 회전시키거나 또는 강철봉 주위에 탐침을 회전시키고, 집속초음파 비임을 시료에 도입시킨다. 이와 유사한 검열방법은 철주제품에 대하여는 그 직경이 적기 때문에 이용할 수 없고, 최종단계에 있어서 코일상제품의 전체원주와 길이에 걸친 검열은 현상태에서는 불가능하다.

문제를 야기시키는 철주와 강철봉의 내포물은 원료단계에서 이미 존재하고 있다. 따라서 내포물이 각강편 단계에서 검지되면 제품의 질은 보증할 수 있다. 특히 철주의 경우에 있어서 각강편 내부의 초음파 검열은 제품의 내부 검열에 대체 이용될 수 있다. 중간 공정에 내부 검사를 도입하면 결함있는 강편을 미리 제거할 수 있다. 제품단계에서의 검열에 비하여 시료의 길이가 짧고 검사효율이 우수하기 때문에 중간공정에서의 검사는 뛰어난 효과를 갖고 있다. 한편 신빙성을 확보하기 위하여는 극소한 내포물에 대하여도 높은 검지 정확도가 요구된다.

종래에 각강편의 초음파 검사방법으로서의 이중 결정탐침을 사용하는 정규비임방법이 공지되어 있다. 이 방법에서는 각강편의 내부 결함은 검지될 수 있으나 표면하부 결함은 검지할 수 없다. 각강편이 제품으로 기계가공되는 경우, 작업균열등을 유발하는 내포물은 종종 표면층에 존재한다. 따라서 표면 결함을 포함하여 내부결함을 검지하는 검열방법의 수립이 필요한 것이다. 기계주사(走査)를 이용하는 각강편의 초음파 검지방법도 역시 공지되어 있다. 이 방법은 탐침의 고속이동을 요구하는 고속작업때문에 부적당하다.

종래 기술의 상기와 같은 문제점의 관점에서 본 발명의 목적은 각강편의 표면결함을 포함하여 내부결함이 효율적으로 검지될 수 있는 각강편의 초음파 검사방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또다른 목적은 결함의 존재가 각강편 단계에서 정확하게 검지될 수 있는 각강편의 초음파 검사방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 하나의 목적은 전자 직선주사나 전자 부채꼴주사 또는 전자 부채꼴주사와 직선주사의 조합을 이용하는 각강편의 초음파 검사방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또다른 목적은 검사에 따르는 정보를 소거함으로써 내부결함이나 표면하부결함을 표면결함으로부터 구별할 수 있는 각강편의 초음파 검사방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또다른 목적은 각강편이 온-라인 시스템에서 높은 속도로 내부와 전체 표면층에 걸쳐서 검사될 수 있는 각강편의 초음파 검사방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 구체예로서 검사방법을 상세히 설명하면 다음과 같다.

첫째, 본 발명에 있어서 각비임에 의한 검사의 시작을 설명하고자 한다.

각강편의 내부결함을 검사하기 위하여는 정규비임기술이 상기한 바와같이 통상적으로 사용되어 왔다. 그러나 제1도로부터 명확한 바와같이 이 방법은, 탐침(1)으로부터 각강편(2)에 전송된 초음파 S가 입사표면에서 반사반향 S_1 을 생성케하고, 저표면에서 반사반향 B_1 을 생성케하며 이에 의하여 표면인접영역이 불감대가 된다는 점에서 여러 단점을 갖고 있다. 이와 반대로 각비임에 의한 검사가 제2도에서와 같이 사용되는 경우에는 입사표면으로부터 나오는 초음파 S의 반사반향 S_1 이 상당히 잔유하지만, 각강편(2) 횡표면으로부터의 반사반향 S_2 는 하향되고, 이에따라 반사를 기본으로 하는 불감대는 횡표면에서 발생되지 않는다. 만일 각비임에 의한 검사가 이용되고 입사표면에 인접하는 횡표면이 검사영역으로 된다면 표면으로부터 내부까지 각강편의 검사는 불감대없이 가능하다.

본 발명의 기본원리는 각비임에 의한 검사를 이용하여 입사표면이 인접하는 횡표면층과 각강편의 내부를 검사하는 것이다.

둘째로, 초음파내 종파의 이용과 종파내 각비임에 의한 검사에 따르는 검사영역을 설명하고자 한다.

종파를 사용하는 이유는 다음과 같다.

제3도로부터 명확한 바와같이 횡파가 각비임에 의한 검사에 사용되는 경우에는 음압의 반향전송이 34° 미만의 굴절각에서는 적기때문에 검사가 30° 내지 40° 범위의 굴절각에서 이루어지는 경우 음압의 반향전송이 입사표면의 형태와 입사각 조절에 있어서의 적은 오차에 따라서도 민감하게 변하며, 음압의 반향전송이 별로 변하지 않는 50° 내지 65° 범위의 굴절각이 사용되면 입사표면이 인접하는 횡표면 하방영역이 기하학적으로 검사될 수 없다는 점에서 여러가지 결점이 발생한다. 이와 반대로 횡파가 이용되면 굴절각에 의존하는 음압의 반향전송변화가 비교적 적고 연속적이다. 이와같은 이점의 관점에서 종파가 도입되는 것이다.

종파를 이용하는 각비임에 의한 검사법을 이용하여 부채꼴주사를 함에 있어서 유효한 검사영역을 설명하고자 한다. 굴절각이 크기때문에 횡파도 역시 각강편에 상당히 높은 수준으로 도입되고(제3도 참조), 횡표면에 인접하는 S/N비는 횡표면 반사반향을 받으므로써 감소하고, 굴절각은 최대 약 50° 로 제한된다. 즉, 제4도에 도시된 바와같이 검사영역이 각강편(2) 횡표면의 하방반부에서 표면층측에 제한된다.

상술한 바와같이 각비임에 의한 검사법을 이용하여 각강편을 전체길이에 걸쳐 검사하기 위하여는 초음파 비임이 높은 속도로 주사되어야 한다. 이경우 주사시스템은 기계적 주사와 전자주사(電子走査)로 분류된다. 고속주사성과 지향성 및 후술하는 바와같은 결함위치의 평가 정확성 등 여러가지 관점에서 전자주사가 바람직하다.

전자주사의 원리는 다음과 같이 설명된다.

제5도를 참조하면, 정상(整相)어레이 탐침은 기관(4)위에 정렬된 다수의 소자(3)로 구성되고 소자(3)의 표면에 피복(5)이 이루어진다. 탐침으로부터 조사(照射)된 초음파 비임의 형상은 송신과 수신때에 모든 소자에 대하여 동일한 시각지연 조절회로를 사용하여 각개 소자(3)에서 기시파(記時波)를 조정하여 조절한다. 지연시간이 적당히 고정되면 비임S는 제6(b)도에 도시된 바와같이 편향되거나 또는 제6(c)도에 도시된 바와같이 집중되거나, 또는 제6(d)도에 도시된 바와같이 집중 및 편향되어 자유롭게 비임운곽을 형성하게 된다.

이와같은 탐침이 전자주사시스템에서 주사되는 경우 전자주사(직선주사 또는 부채꼴주사)의 특징은 다음과 같이 요약된다.

(I) 고속 주사성

고속주사는 기계주사에 비하여 용이하다.

(II) 예민한 지향성

상조정된 어레이 탐침에서는 다수의 소자가 동시에 조작됨으로 소자는 전체적으로 큰 폭을 갖는 단일 변환기와 대응하며 예민한 지향성을 갖는다.

(III) 동적인 집중성

상기한 바와같이 정상 어레이 탐침에 있어서는 예정된 양의 지연시간이 송신 및 수신파 신호에 제공되며 이에 의하여 비임이 유사한 방법으로 오목형의 변환기나 또는 렌스를 갖는 변환기에 집중될 수 있고, 검사가 높은 해상력으로 수행될 수 있다. 이 상태에서 집중 거리는 자유롭게 고정될 수 있으므로 적은 결함의 검지 정확성과 또한 결함위치평가 정확성도 역시비임을 시료의 검사영역에 집중시킴으로써 개량될 수 있다. 제7도는 예로서, 각강편의 검사중 초음파 비임직경과 $\phi 2\text{mm}$ 축동공의 S/N비와의 상관관계를 도시한 것이다.

(IV) 초음파 비임은 공정된 탐침에 의하여 주사될 수 있음으로 1개의 탐침을 사용하여 넓은 검사영역이 얻어진다는 성질

상기한 특성을 갖는 정상 어레이 탐침을 사용하는 전자직선주사와 전자부채꼴주사를 다음과 같이 비교 설명하는 바이다.

전자직선주사가 수행되면 탐침(1)이 예정된 상태로 고정되고, 초음파 비임 S는 제8(a),(b),(c)도에 도시된 바와같이 평행하게 전위되고, 인접하는 횡표면의 표면층측의 검사가 수행된다. 이와같은 공정에 요구되는 주사회로의 실예가 제9도에 도시되어 있다.

전체수가 64개인 소자로 구성되는 정상 어레이 탐침은 16개 소자를 1조로 한다. 탐침(1)과 송신/수신장치(6)가 상기한 바와같이 지연회로(7)에 부가되어 계전기회로(8)를 통하여 연결되고, 초음파 비임은 송신 또는 수신상태의 소자가 변환스위치에 의하여 연속하여 변환되면 주사된다.

전자 부채꿀주사가 수행되면, 탐침(1)은 유사한 방법으로 예정된 상태로 조정되고, 다음에 초음파 비임S는 제10(a),(b),(c)도에 도시한 바와같이 입사표면에 대하여 편향되고, 인접하는 횡표면 하방반부의 표면층측에서 검사가 수행된다. 이와같은 공정에 요구되는 주사회로의 실예가 제11도에 도시되어 있다. 총분할수에 있어서 32개 소자로 구성되는 탐침(1)과 송신/수신장치(6)는 1-대-1대응으로 지연회로(7)를 통하여 연결된다. 지연회로(7)에 따르는 지연시간의 조정은 연속하여 변하며, 이에 의하여 초음파 비임의 경각이 변하고 비임편향에서 주사가 수행된다.

더욱이 본 발명의 특징은 전자부채꿀주사와 전자직선주사를 다음에 설명하는 이유를 기초로하여 조합시킨 것을 그 특징으로 한다.

전자직선주사를 전자부채꿀주사와 비교하면, 후자는 다음에 설명하는 바와같이 전자의 결점을 제거한 것이다.

(I) 전자직선주사에 있어서는 송신 또는 수신상태에 있어서의 소자가 연속하여 전위됨으로 소자의 전체수가 증가하고, 이에따라 탐침이 거대하게 된다.

(II) 변환에는 다수의 지연이 요구되나 지연수명은 짧다.

(III) 송신 또는 수신상태에 있어서의 소자가 연속하여 전위됨으로 송신/수신단위(T/R 단위)와 각개소자가 1-대-1 대응으로 되지않고, 이에 따라서 감도변화의 조정이 곤란하다.

(IV) 초음파의 입사점 이동이 크므로, 굴절각은 각강편의 표면 불균일성에 좌우되어 변하고, 결함위치평가의 정확성이 감소된다.

한편, 전자부채꿀주사는 각강편(2)의 입사표면내 입사점이 제12(1)도에 도시된 바와같이 초음파 비임 S의 편향때문에 전위된다.

전자부채꿀주사의 상기한 결점을 제거하기 위하여 본 발명은 직선주사를 전자부채꿀주사와 조합시켰다. 제12(b),(c),(d)도에 도시된 바와같이 송신/수신 소자는 비임경각에 상응하여 전위되고, 이에따라 입사점의 변화가 최소로 억압되며, 조합된 주사방법은 전자부채꿀주사에 있어서 보다 적게 입사표면에 의하여 영향을 받고 결함위치평가의 정확성은 개량될 수 있다.

상기한 특징을 갖는 전자부채꿀주사와 전자직선주사를 조합시키기 위한 탐침조정방법은 다음과 같이 설명된다. 초음파비임 S의 최대 경각이 $\pm \theta_0$ 로 가정되는 경우 정상 어레이 탐침에 있어서 화격자 돌출부의 발생을 방지하는데 요구되는 진동소자 피치 d는 다음과 같이 표시된다.

$$d < \frac{\lambda}{1 + |\sin \theta_0|}$$

이때 λ 는 초음파 전송매체내의 파장이다.

λ 가 일정할때 초음파 비임 S의 경각을 증가시키기 위하여 소자피치 d는 감소되어야 한다.(소자폭과 최대비임 경각 θ_0 사이의 관계가 제13(a),(b)도에 도시되어 있다.) 따라서 소자폭은 감소되어야 한다.

상기한 특징을 이용하는 탐침을 조정하기 위하여는 다음의 두가지 방법이 제안된다.

(1) 한 방법은 각강편의 축방향에 대하여 수직인 평면내에 시료표면으로부터 예정된 거리에 위치되고 입사표면에 평행하게 조정되는 방법이다. 이 경우 탐침의 각개 소자폭은 감소하고 분할수는 증가한다. 이 방법의 특징은 입사표면에 인접하는 두횡표면이 최대 비임경각이 크기때문에 조사될 수 있다는 점이다.

(2) 다른 한 방법은 탐침이 각강편의 축방향에 대하여 수직인 평면내에 시료표면으로부터 규정된 거리로 유사하게 위치되며, 입사각만큼 입사표면에 대하여 경사되어 조정되어 부채꿀주사의 편향중심을 구성하는 방법이다.

이 방법의 특징은 비임경각의 절대값이 적고, 따라서 최대지연시간이 감소한다는 점이다. 비임경각의 절대값이 적기때문에 탐침 각개소자의 폭을 크게 할 수 있다.

제14도와 15도는 각강편(2)에 대한 탐침(1)의 배열상태 응용실예를 도시한 것이다. 제14도의 실예에 있어서는 1개의 탐침(1)이 각강편(2)의 각개 표면에 평행하게 정렬되어 있다. 즉 1개의 탐침(1)은 도면에 나타나 있는 바와같이 각평면(2)내에서 입사표면에 인접하는 두 횡표면의 하방 절반을 검사하고, 이와같이 하여 4개의 탐침(1)이 각강편(2)의 전체 표면층을 검사한다. 제15도의 또다른 실예에 있어서는 두개의 탐침(1)이 강편(2)의 각개 표면에 대하여 규정된 각으로 정렬되어 있다.

즉 1개의 탐침(1)이 각강편(2)내에서 입사표면에 인접하는 횡표면의 하방절반을 도면에서 볼 수 있는 바와같이 검사하며, 이와같이하여 8개의 탐침(1)이 각강편(2)의 전체 표면층을 검사하게 된다. 이와 다른 배열상태에 있어서는 각강편 전체 표면에 걸친 고속검사가 온-라인 시스템으로 가능하다. 각강편내 표면하부 결함을 판별하는 처리를 설명하면 다음과 같다. 본 발명은 있어서 전자부채꿀주사와 직선주사를 조합한 각 비임에 의한 조사에 따르면, 시료인 각강편은 표면 하부결함을 포함하는 내부결함을 검지하기 위한 전체표면에 걸친 검사가 고속으로 또한 정확하게 검사될 수 있다. 각강편의 표면층이 검사되면 표면하부 결함뿐만 아니라 표면균열도 역시 검지되며, 이에 의하여 검사결과는 표면결함검사에 따르는 검지에 관한 정보도 포함하게 된다. 그러나 표면 균열은 강철기계공정에서 끝작업이나 마쇄작업에 의하여 제거될 수 있으며, 따라서 제품의 2차공정 조작에서는 아무런 문제점이 없게 된다. 따라서 표면 균열이 없이 다만 내부 결함만(일반적으로 표면하부 결함을 포함한다)을 검지할 필요가 있다.

내부결함을 검지하기 위하여는 내부로부터 각강편의 각비임에 의한 초음파검사결과에서 이미 설명한 바와 같이 표면결함검사결과를 소거할 수도 있다. 표면결함을 검사하는 여러가지 방법이 그의 검지능과 함께 다음표에 기술되어 있다.

결함검사방법의 종류	내부결함	표면하부결함	표면결함		
			균열	스캐브	균형
각비임에 의한 초음파검사	○	○	○	○	○
표면파 검사	×	×	○	○	○
자석분말검사	×	×	○	△	×

표면결함의 검지능은 표면결함검사에 대한 여러가지 방법에서 상이하기 때문에 내부결함의 검지특성은 표면결함검사에 대한 어떠한 방법이 내부결함검사에 조합되는가에 의하여 좌우된다.

표면하부 결함을 판별하는 정보공정방법은 제16도에 도시한 바와같이 정보(1)로부터 정보(2)를 소거함으로써 기본적으로 이루어진다. 그러나 각비임에 의한 초음파 검사는 결함위치평가의 정확성을 감소시키는 여러가지 인자를 포함함으로써 정보(1)는 표면 결함검사에 기본을 둔 결함위치 정보(정보 2)에 비하여 신빙성이 떨어지고, 정보 (1)에 있어서의 결함위치평가의 오차 영역이 크다. 따라서 간단한 삭감은 오차를 유발하게 된다.

17도를 참조하면 표면 결함(15)이 실제로 존재하고, 정보(1)는 각비임에 의한 초음파 검사를 이용하여 검지된 결함위치가 ⊙표시의 위치에 있음을 나타내며, 또한 정보(2)는 다른 표면결함검사장치를 이용하여 검지된 표면결함위치가 ◆표시의 위치에 있음을 나타낸다. 만일 이와같은 정보가 정정되지 않고 공정이 진행되면 각개의 결함이 별도로 존재하고 표면하부 결함의 존재를 나타내는 정보(1)는 잔유하게 된다. 즉 표면결함(15)면이 실제로 존재하더라도 이것은 표면하부결함으로서 보이게 된다.

표면결함이 표면하부 결함으로 간주되는 이와같은 부정확한 결함을 제거하기 위하여는 도입된 정보(1)가 삭제된 일정영역을 정보(2)에 공급해줄 수 있다. 정보(2)에 공급된 영역의 범위는 정보(1)의 정확성에 의하여 결정되고, 정확성은 초음파 비임직경 (적은 직경, 즉 집중된 상태가 바람직하다)과 입사표면의 형상에 의하여 상당히 영향을 받는다. (입사표면의 불균일성은 외형 굴절각을 변화시킴으로 입사점이 별로 변하지 않고, 입사표면이 평평한 것이 바람직하다.)

정보(2)에 공급된 영역은 제17도에 일점쇄선으로 나타나 있으며, 정보(1)(파선으로 도시되어 있다)의 결함위치 평가오차 영역보다도 커야한다. 만일 정보(1)이 정보 (2)의 표면결함 평가위치(◆표시)에 대하여 정방향의 강철폭 방향으로 폭 $\pm\Delta H$ 의 범위내에 있고, 전체 검사영역(δ)이 길이방향 즉 일점쇄선으로 도시된 영역에 있게되면 정보(1)는 소거된다. 이와같이하여 정보(2)에 일정영역을 제공으로써 정보(1)이 표면 결함이라고 결정되는 것이다.

각강편(2)의 폭방향으로 폭 $\pm\Delta H$ 에서 각비임에 의한 검사정보를 소거시키면 영역내 표면하부 결함의 실질적인 검지가 표면하부의 결함으로 간주되지 않는다는 부정확한 결정을 하게 된다. 이와같은 모순 가능성을 감소시키기 위하여는 $\pm\Delta H$ 의 폭이 감소되어야 한다. 환언하면 결함위치 평가의 높은 정확성을 갖는 주사시스템의 도입은 각비임에 의한 검사에 있어서 바람직한 것이다.

직선주사는 시료형상의 불균일성에 의하여 상당히 영향을 받으며, 따라서 결함위치평가의 정확성에 있어서는 부채꼴주사에 비하여 열등하다. 따라서 부채꼴주사가 바람직하다. 물론 부채꼴주사와 직선주사를 조합시키는 것이 가장 바람직하다. 왜냐하면 입사점의 위치변화가 최소로 감소되기 때문이다.

부채꼴주사와 직선주사를 조합시킴에 있어서 결함위치평가의 정확성을 증진시키기 위하여는 다음의 두 방법이 병용되고 있다.

그 한 방법은 입사표면의 불균일성에 의하여 가장 적게 영향을 받는 것으로 여겨지는 표면중앙부로부터 초음파가 들어가는 방법이다. 이와같은 구성에 있어서는 각강편 (2)의 표면에 불균일성이 존재하더라도 표면 중앙부의 상태는 제18(a), (b)도에 도시된 바와같은 평평한 표면의 경우와 같은 상태와 대략 동일하다.

또다른 방법은, 제19도에 도시된 입사표면의 경사에 의하여 유발된 굴절각(So-S)의 외형 변화를 교정하도록 모서리 부분으로부터의 반향을 검지하여 반향 최대치에 상승하는 입사각을 측정하는 방법이다. 입사표면의 경사는 입사각의 값으로부터 평가하고, 입사각은 비임이 조사필요영역내에 오도록 교정된다.

표면(15)을 검지하는 표면결함 검사장치를 설명하면 다음과 같다.

표면 결함 검사방법에는 자석입자(자립/磁粒)검사방법, 와전류검사방법, 표면파 검사방법, 광학검사방법이 포함되며, 각개 방법에 적당한 장치는 공지되어 있다. 장치의 검지능은 여러가지 표면결함검사방법과 결함의 종류에 의하여 상이하다. 제20도에 도시한 여러 종류의 표면결함에 대한 여러가지 검사방법의 검지능이 상기한 표에 나타나 있다. 제20도에서 숫자(15a)는 균열을, (15b)는 스캐브를, (15c)는 굽힌 것을 나타낸다.

표로부터 알 수 있는 바와같이, 각비임에 의한 검사방법을 사용하여 검지된 모든 종류의 표면 결함은 표면화검사를 이용하여 검지될 수 있으나, 균열(15a)을 제외한 결함은 자립검사를 이용하여 검지될 수 없다. 그러나 표면파 검사에 있어서는 하나의 표면결함이 발견된 경우 결함지점으로부터의 그 이상의 음파전파가 상당히 감소된다. 따라서 다수의 표면결함이 존재하는 경우에는 표면화검사가 표면결함을 발견해 낼 수는 없다.

상기한 바와같이 여러가지 표면결함검사방법은 이점과 단점을 모두 갖는다. 표면결함(15)와 표면하부결

함의 판별성은 각비임에 의한 검사에 여러 방법을 어떻게 조합하는가에 달려있다.

각비임에 의한 검사에 정상 어레이장치를 사용하는 경우와 표면결함검사에 표면파 검사장치와 자립검사장치를 사용하는 경우에 표면층 결함을 표면결함으로부터 판별하는 정보공정을 설명하면 다음과 같다.

각비임에 의한 검사에 있어서 데이터공정법을 설명하고자 한다.

제21도를 참조하면, 정상 어레이 장치에 의한 검사영역은 기준점으로서 저부 모서리로부터 8단계로 부채꼴주사와 직선주사를 조합시켜서 조사한다. 만일 검사영역내의 각단계에 대하여 미리 조정된 반향수준(한계치)이상의 반향이 존재하면, 최대반향에 대응하는 단계번호, 반향높이, 검지시간 및 정방강편(2)의 축상위치는 제22도에 도시한 바와같은 검사데이터로 취해진다. 각강편상에의 결함 투사 평가위치는 굴절각과 검지시간으로부터 평가되고, 평가된 위치는 일정피치로 분할된 각강편 폭방향의 위치정보로 전환된다. 데이터의 수집은 각강편(2)의 축방향으로의 결함연속성에 비추어서 수행되고, 결함수, 결함시발점(축방향), 결함길이(축방향) 및 폭방향위치의 정보가 최종적으로 결정된다.

제21도에서 검사영역내 검사게이트(16)는 시료(2)의 변형에 의하여 발생하는 통로변화를 고려하여 표면으로부터의 검사를 보장하도록 충분한 길이를 갖는다. 그러나 모서리 부분에서는 모서리반향을 검지하지 않도록 검사게이트 영역이 제한되어 있다.

제22도는 각강편(2)의 단면을 도시한 것으로, 번호(17)는 검지된 결함의 위치를, 번호(18)는 결함의 투사평가위치정보를 나타낸다. 제22(b)도는 각강편(2)의 투사표면 매트릭스를 나타내고 있다. P_1 은 주사단계의 피치를 나타내고, P_2 는 각강편의 축방향 검사피치를 나타낸다. 결함의 투사평가위치정보(18)은 매트릭스에 수집된다. 만일 정보(18)이 각강편의 축방향으로 2배이상 계속되지 않으면, 이것은 잡음(19)으로 결정되고 결함정보로 되지 않는다. 정보(18)이 2배이상 계속되면 이것은 결함정보(20)로 공정처리된다. 즉 검지된 결함(17)은 제22(b)도에서 진한선으로 둘러친 부분에 둘러싸여 있고, 출발점이(21)이고 깊이가 (1)인 정보로 되는 것이다.

전자주사형 검사장치에 의한 부채꼴주사와 직선주사를 조합한 것을 예로하여 설명하였으나, 직선주사나 부채꼴주사에 의한 유사한 공정도 이루어질 수 있다. 예컨대 검사영역이 8단계로 검사되었으나, 단계의 수가 증가됨에 따라 검사가 더욱 면밀히 수행되고, 표면의 투사중 정방강편의 폭방향으로 일정한 피치 분할이 더욱 미세하게 수행될 수 있어서 판별성이 증진된다는 것이 확실하다.

표면결함검사에 있어서의 데이터 공정법을 설명하면 다음과 같다.

제23도에 도시한 바와같이, 차륜형 탐침(22)은 표면과 검사에서 사용된다. 이 경우 검사영역은 인접표면(22)과 탐침과 모서리부분(25)에 접한 표면에 반대측표면(24)이다. 게이트는 세부분, 즉 표면과 모서리부분으로 검사영역에 이용된다. 정방강편의 반향높이, 검지시간 및 축상위치가 제1게이트(23)와 제2게이트(24) 각각에서 최대 한계치 이상인 3개 반향에 대하여와 모서리 게이트부분(25)에 있어서의 한계치 이상인 최대반향에 대하여서의 검사데이터로 취해진다. 각강편 축방향에서의 결함평가위치는 각 비임에 의한 검사에 있어서의 데이터 수집에 유사한 방법으로 검지시간으로부터 평가되고, 평가위치는 일정피치로 분할할때 각강편의 축방향으로의 위치정보로 전환된다. 각강편의 축방향으로의 연속성을 고려하여 결함수, 결함시발지점(축방향), 결함길이(축방향) 및 폭방향위치의 정보를 결정한다.

자립 검사장치를 사용하는 자립검사데이터에 대하여 설명하면 정보체제는 각비임에 의한 검사의 수집정보에 유사하며, 표면파검사가 이용된다.

각비임에 의한 검사에 있어서의 정보와 표면결함검사에서의 정보로부터 표면결함정보를 판별하기 위하여는, 상기한 바와같이 일정영역이 공급된 표면 결함정보는 각비임에 의한 검사에서의 수집정보로부터 소거된 표면결함영역정보로서 사용된다. 이와같은 공정의 블록도면이 제24도에 도시되어 있다.

표면결함 영역정보에는 표면파 검사나 자립검사, 또는 이들 양자에 있어서 표면 결함 수집정보의 폭방향으로의 위치정보와 각강편의 폭방향으로 분할되는 팽창된 수개의 블록과 결함시발점 및 수십 mm로 연장된 영역내의 결함길이가 포함된다.

제25도는 본 발명의 판별공정개념을 도시하는 것이다. 도면으로부터 알 수 있는 바와같이 표면결함이 표면하부 결함으로서 처되는 부정확한 검지는 표면파 검사와 자립검사를 조합시킴에 의하여 방지된다.

전체표면에 걸친 각비임에 의한 검사에 있어서의 탐침 배열은 이미 설명하였다. 전체표면에 걸친 검사에 있어서 차륜형 탐침의 배열을 제26도를 참조하여 설명하고자 한다. 2개의 탐침(27)은 차륜형 탐침(26)에 포함되어 있고, 두개의 차륜형탐침(22)이 상대하고 있다. 물론 시료는 축방향으로 이동한다.

상기한 본 발명의 구체예에 있어서는 상조정된 어레이 장치와 표면파 검사장치 및 자립검사장치가 조합되어있고, 이에 의하여 표면결함이 표면하부 결함으로부터 판별될 수 있다. 또한 표면결함은 단독의 표면결함검사에 비하여 별 실패없이 검지될 수 있다. 특히 자립검사방법에 있어서는 모서리 부분의 결함에 대한 낮은 검지능이 표면파 검사에 있어서의 모서리 부분에 대한 검사정보에 의하여 보완될 수 있다.

본 발명은 상기한 구체예에 제한되는 것은 아니다. 시료는 주(柱)상 일수 있으며, 이 경우에는 일본 특허 출원번호 58-3198에 기술된 것과 같은 윤상의 어레이형 탐침이 사용될 수 있고, 결함을 판별하도록 표면층과 표면의 검사를 동시에 수행할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

초음파검사에 전자주사 어레이형 탐침이 사용되는 각 강편의 검사방법에 있어서, 상기 전자주사가 직선 주사인 어레이형 탐침이 각 강편의 축방향에 수직인 평면내에 강편 표면으로부터 규정된 거리에 위치되

고 강편표면에 대하여 규정된 각으로 설정되며, 각 강편이 직선주사 어레이형 탐침을 이용하여 내부와 표면층에서 검사되는 것을 특징으로 하는 각 강편의 검사방법.

청구항 2

초음파검사에 전자주사 어레이형 탐침이 사용되는 각 강편의 검사방법에 있어서, 상기 전자주사가 부채꼴주사인 어레이형 탐침이 각 강편의 축방향에 수직인 평면내에 강편표면으로부터 규정된 거리에 위치되고 강편표면에 대하여 규정된 각으로 설정되며, 각 강편이 부채꼴주사 어레이형 탐침을 이용하여 내부와 표면층에서 검사되는 것을 특징으로 하는 각 강편의 검사방법.

청구항 3

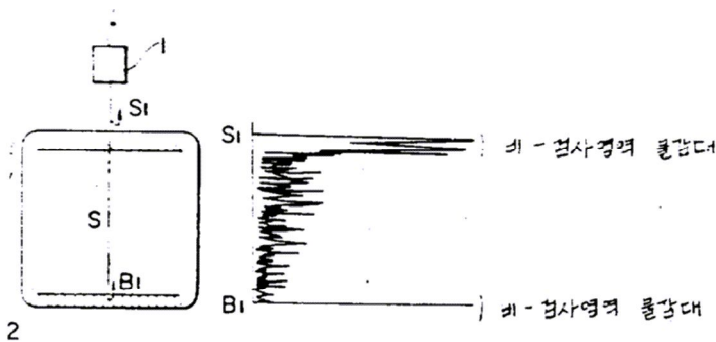
초음파검사에 전자주사 어레이형 탐침이 사용되는 각 강편의 검사방법에 있어서, 상기 전자주사가 적선주사와 부채꼴주사를 조합시킨 어레이형 탐침이 각 강편의 축방향에 수직인 평면내에 강편표면으로부터 규정된 거리에 위치되고 강편표면에 대하여 규정된 각으로 설정되며, 각 강편이 직선주사와 부채꼴주사의 조합 어레이형 탐침을 이용하여 내부와 표면층에서 검사되는 것을 특징으로 하는 각 강편의 검사방법.

청구항 4

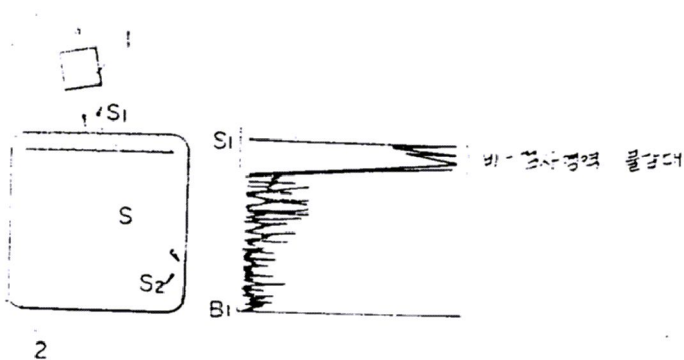
정상어레이탐침을 이용하여 시료의 표면층에 대해서 각 비임에 의한 검사를 수행하는 단계와 ; 탐침과 시료 사이의 위치관계와 초음파의 입사각과 결함반향 검지시간으로부터 조작공정에 의하여 시료의 표면에 투사되는 경우의 결함평가위치를 결정하는 단계와 ; 표면결함 검사장치를 이용하여 표면결함만을 검지하고 결함위치의 규정영역을 결정하는 단계와 ; 전자의 결함평가위치 정보로부터 후자의 결함영역정보를 소거하는 것을 근거로하여 표면하부 결함만을 검지하는 단계 ; 로 구성되는 것을 특징으로 하는 초음파 검사에 의한 표면 하부 결함의 검지방법.

도면

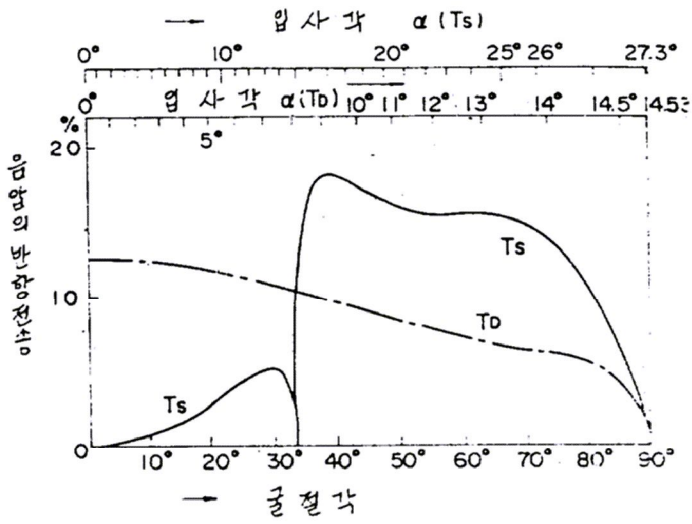
도면1



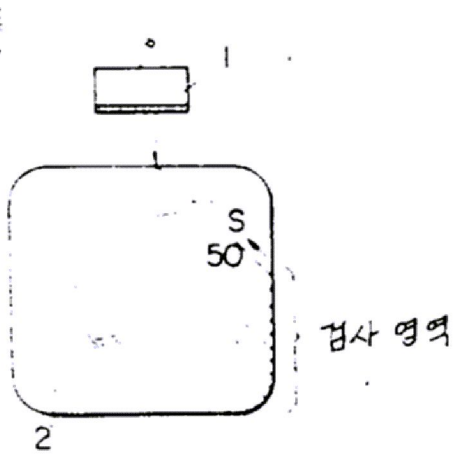
도면2



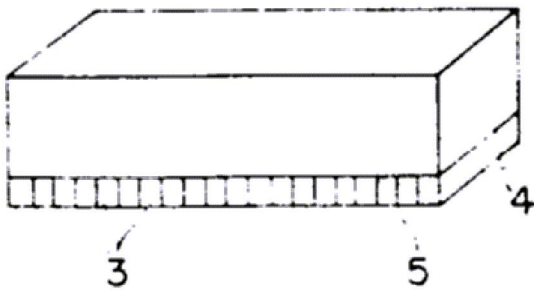
도면3



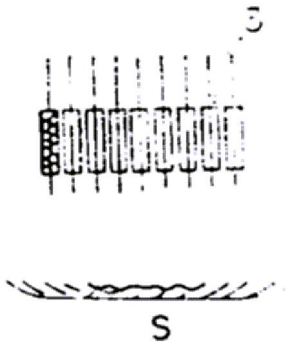
도면4



도면5



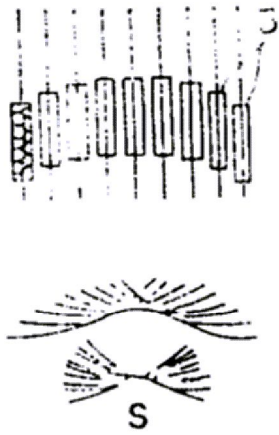
도면6a



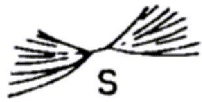
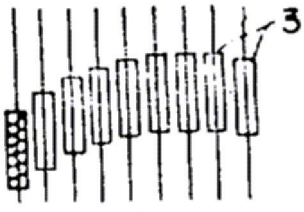
도면6b



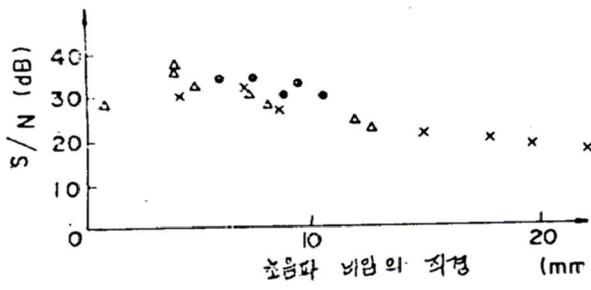
도면6c



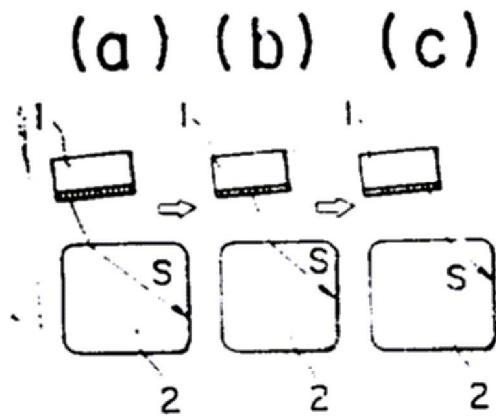
도면6d



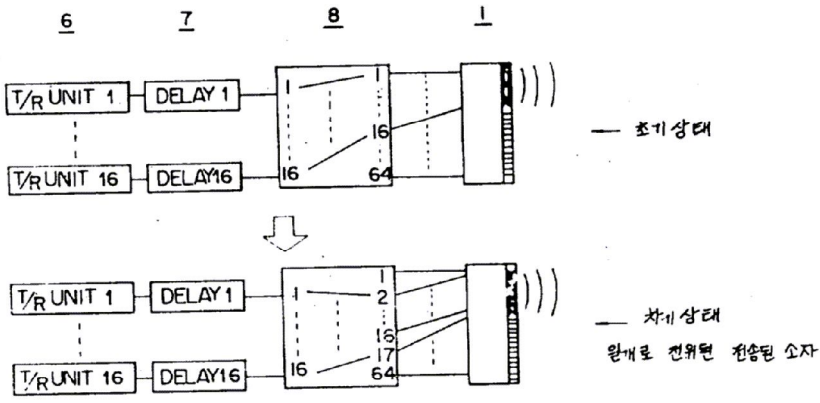
도면7



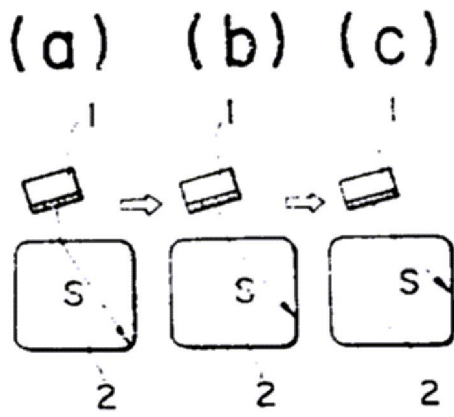
도면8



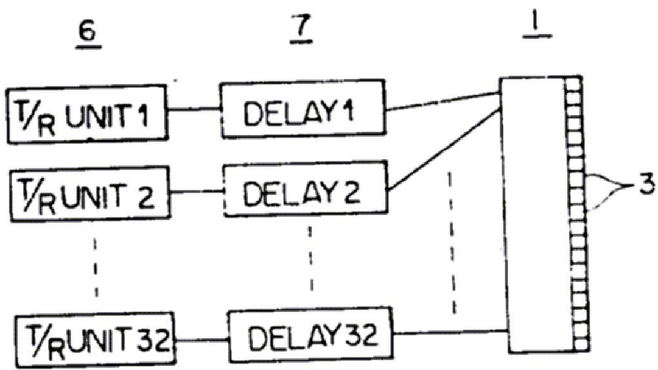
도면9



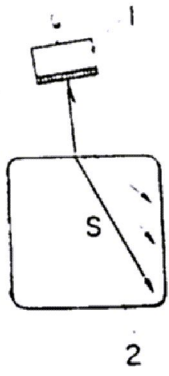
도면10



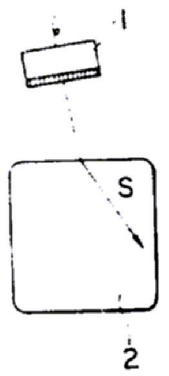
도면11



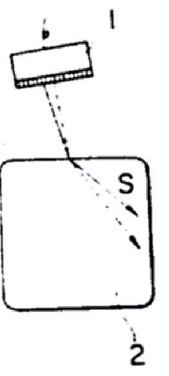
도면 12a



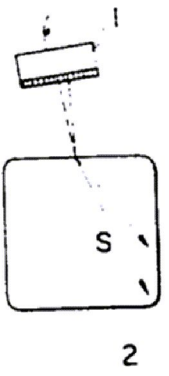
도면 12b



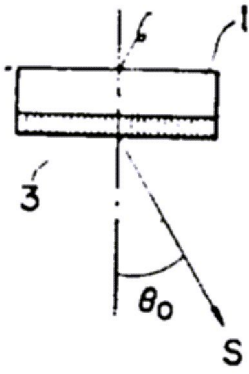
도면 12c



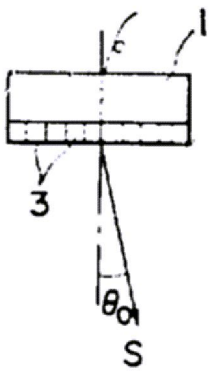
도면 12d



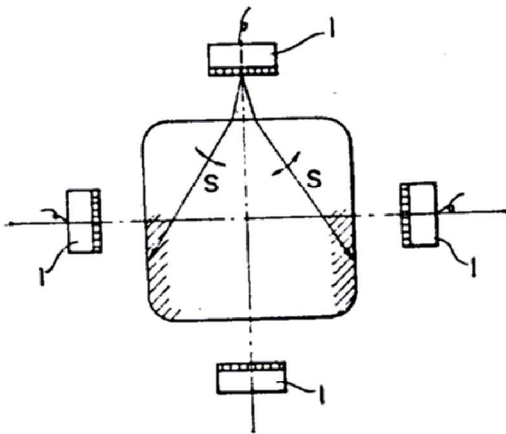
도면 13a



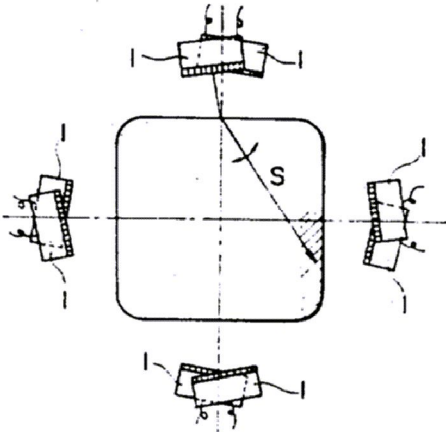
도면 13b



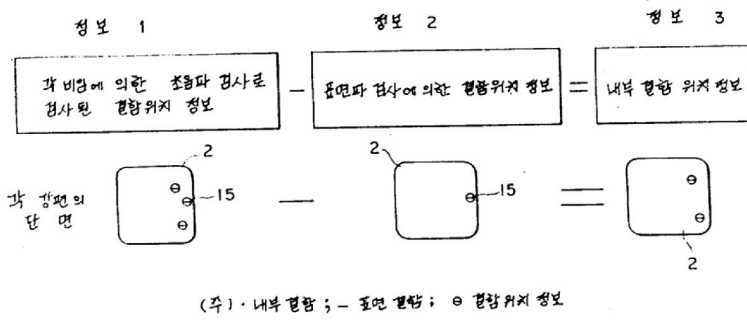
도면 14



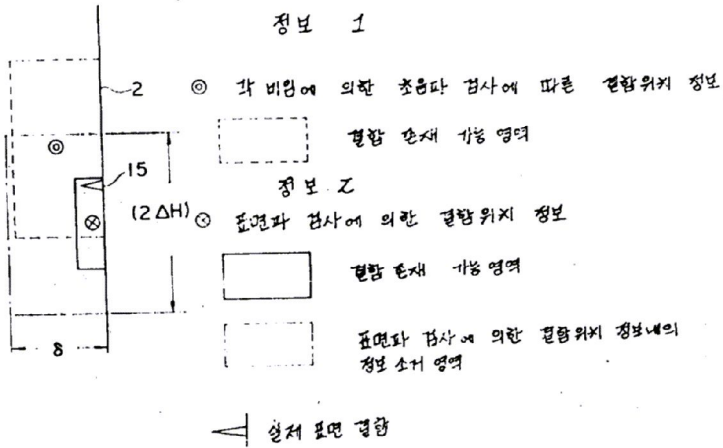
도면 15



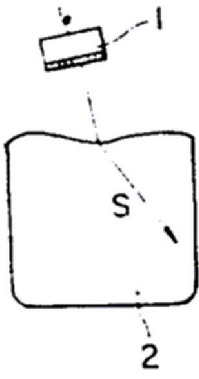
도면 16



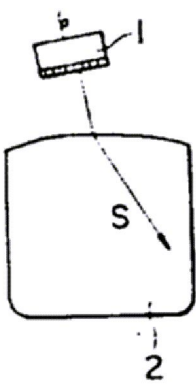
도면 17



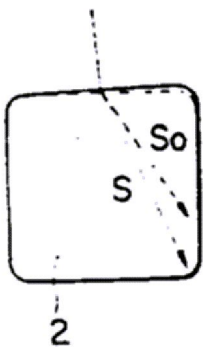
도면 18a



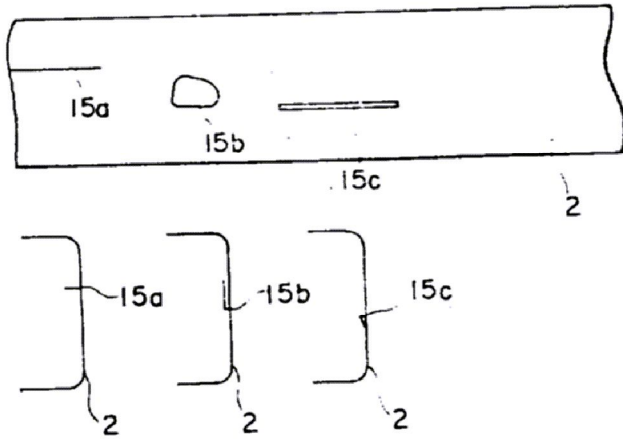
도면 18b



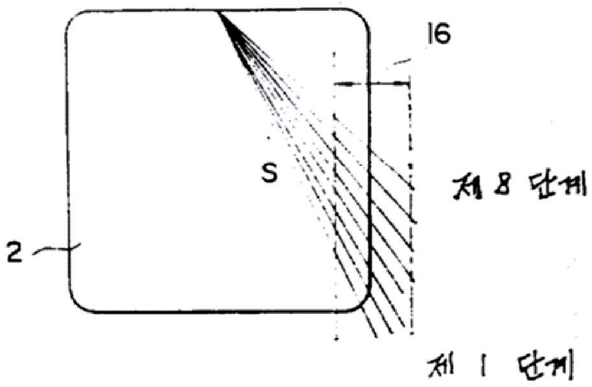
도면 19



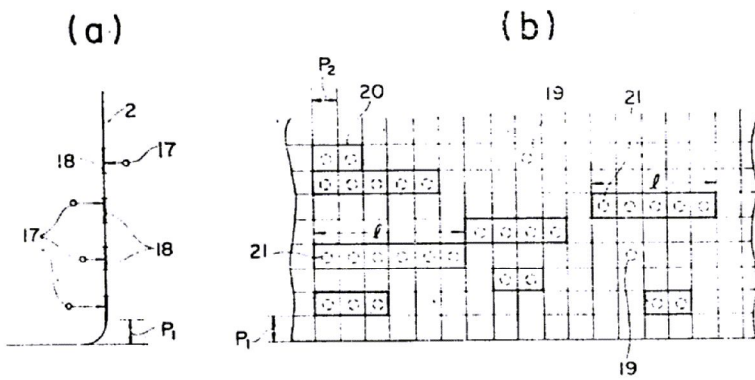
도면20



도면21

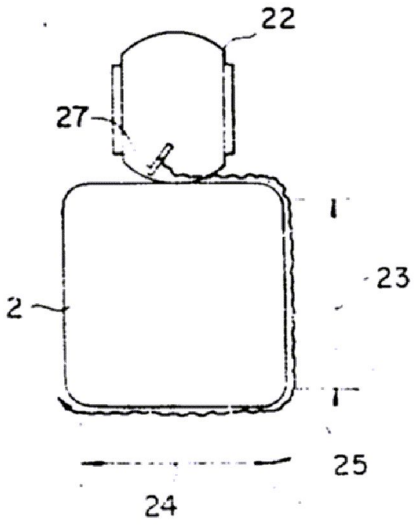


도면22

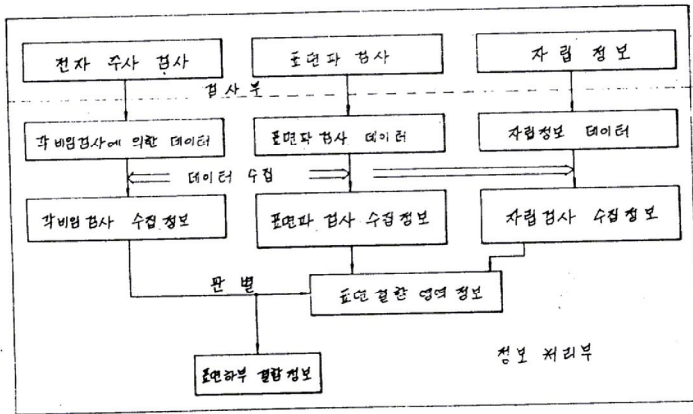


- : 수차값에 대한 검사 데이터
- | : 각 광학 표면상의 상기 검사 데이터 투사에 의한 정보
- : 결함 정보

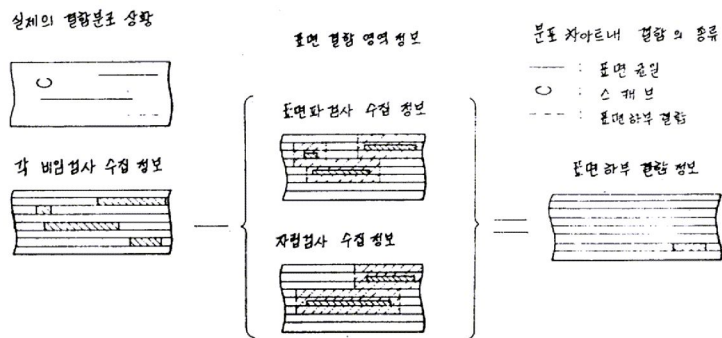
도면23



도면24



도면25



도면26

