

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁵
G21C 17/06

(45) 공고일자 1990년 10월 19일
(11) 공고번호 특허1990-0007746

(21) 출원번호	특1983-0005984	(65) 공개번호	특1984-0007052
(22) 출원일자	1983년 12월 17일	(43) 공개일자	1984년 12월 04일
(30) 우선권주장	82-21243 1982년 12월 17일	프랑스(FR)	
(71) 출원인	프라마툼 씨 보뤼닝고 프랑스공화국, 꾸르베브와 92084, 뵈라스 드라쿠폴, 1투르피아트		
(72) 발명자	알라인 그라벨레 프랑스공화국 뵈레시스 로빈슨 92350루에 아메데우 씨글리오, 39		
(74) 대리인	이필모		

심사관 : 정용식 (책자공보 제2074호)

(54) 결함 연료 요소의 검출방법 및 장치

요약

내용 없음.

대표도

도 1

명세서

[발명의 명칭]

결함 연료 요소의 검출방법 및 장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명이 적용될 수 있는 통상 연료봉으로서 공지된 형태의 연료 요소를 도시한 개략 입면도.

제2도는 제1도에 도시된 형태의 연료 요소의 상부 캡에 축방향 변환기를 장착한 것을 도시한 도면.

제3a도, 제3b도, 제3c도 및 제3d는 S0모드의 파형 경우에 연료 요소의 여러 상태에 대하여 나타나는 신호의 파형도.

제4도는 외장내에 기계적 결함이 있는 경우에 S0모드에 나타나는 신호를 도시한 제3도와 유사한 파형도.

제5a도 및 제5b도는 A₀ 및 A₁ 모드에서 탐사하는 동안 나타나는 신호를 도시한 파형도.

제6도는 주파수의 스캐닝을 연속 시행하는 동안 얻어지는 에코를 도시한 도면.

제7도는 변환기와 결합되는 전자 회로의 블록도.

제8도는 동일 연료 집합체내의 연료 요소상의 소정의 위치에 장치의 변환기를 장착하는데 사용되는 장치를 도시한 개략도.

제9도는 반경 방향 변환기의 배열을 도시한 제2도와 유사한 배열도.

제10도는 반경 방향 변환기의 몇몇 요소 형성의 모드를 도시한 도면.

제11도는 장치 전체를 제어하기 위한 시스템의 블록도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- 10 : 연료 요소
- 12 : 외장
- 14 : 상부 단부캡
- 16 : 하부 단부캡
- 18 : 펄릿
- 20 : 스프링
- 22 : 팽창실
- 24 : 전자음향 변환기(축방향 변환기)
- 24a : 반경 방향 변환기
- 26 : 방사 피크
- 28 : 수신 피크
- 34 : 정현파 발생기

- 36 : 방출 증폭기 38 : 수신 증폭기
 40 : 샘플링 회로 42 : 기억 장치
 44 : 연산 회로 53 : 연료 집합체
 58 : 상부 스페이서 그리드 68 : 정보 출력 단자
 72 : 전자 회로

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 침수된 연료 집합체내에 불투과성 캡에 의해 닫혀지는 관형 금속 슬리이브를 구비하고, 가압된 가스 분위기에 의해 둘러싸인 핵 연료 펠릿의 적층체를 내장하는 결함 연료요소의 검출 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 특히 중요한 용도는 수미터의 길이를 가지며, 연료 펠릿의 적층체를 내장하는 원자로의 연료 집합체 중의 결함이 있는 연료 요소를 검출하여 특정화하는데 있는데, 이런 연료 펠릿은 연료 펠릿의 적층체와 단부 캡 사이에 압착한 스프링에 의하여 접촉 상태로 유지되고, 가압 가스가 충전된 팽창실내에 배치된다.

슬리이브가 더 불투과성 되지 않고 조사(irradiation)후에 결함이 있는 붕을 내장하는 연료 집합체를 검출하기 위한 여러 방법이 이미 공지되었다. 가장 일반적으로 사용되는 방법에 의하면, 원자로에서 꺼내어 조사시킨 집합체를 가열된 셀에 넣어, 연료 요소에 포함되는 분열 가스의 압축을 증대시키고, 결함붕의 깨진데를 거쳐 가스를 셀중에서 배출시킨다. 그러나 이러한 방법은 교환할 결함붕이 특정화될 수 없다.

또한 연료 요소를 연료 집합체내의 소정의 위치에 부착하기 전에, 점검하고 조사후에 결함이 있는 붕을 검출하는데 초음파에 의한 비파괴 시험 기술을 적용하는 것이 제시되고 있다. 이와 같은 많은 방법은 침수되어 있는 붕에는 적용되지 않고 단일의 붕에만 적용되어 매우 곤란한 제한을 받게 된다. 이들 방법의 예로서, 팽창실을 가열하고 캡상에 응축한 물을 초음파에 의해 검출하는 방법(프랑스 공화국 특허 제222732호 및 제2365185호)과, 외장에 전파되는 초음파의 붕내에 포함될 수 있는 물에 의해 감쇄를 측정하는 방법(프랑스 공화국 특허 제2287753호 및 제2341182호)이 있다. 종래 기술은 주위 매체의 영향으로부터 측정을 격리시키기 위해 시도된 것이다. 결함붕을 침수된 상태대로 검출하는 방법도 제안되어 있다. 지금까지 제안된 방법은 하나의 결함, 특히 외장내 물의 존재를 검출하는 것과 관련되어 있다. 예컨대, 연료붕과 직각으로 초음파 비임을 지향시킴으로써 팽창실의 레벨에서 각 붕의 바닥부에 액체물이 존재하는 것을 검출하는 방법이 알려져 있다(프랑스 공화국 특허 제2341183호). 더욱 유용한 방법으로서, 초음파가 전파되는 연료붕내에 존재하는 결함에 의해 액체에 확산된 초음파 에너지를 검출하는 일도 알려져 있다(프랑스 공화국 특허원 제2493025호).

본 발명은 특히 결함의 여러 상태를 감지하고, 외장에 물이 들어간 일과 외장의 찢어짐 또는 흠을 감지하는 점에서 종래부터 알려진 어느 방법이나 장치보다 실제의 조건에 적합한 결함 연료 요소의 검출 방법 및 장치를 제공하는 것이다. 본 발명에는 종래 기술로부터 완전히 명백하지 않는 몇가지 공지된 점이 포함된다. 그 첫째로는 침수되어 있지 않는 새로운 연료요소의 검출에 대하여 이미 제안(프랑스 공화국 특허 제2454675호)되 바와 같이 "플레이트 모드 또는 램 모드에서 전파되는 주파수를 가진 초음파는 외장의 외면을 둘러싼 액체에 의해 인지할 수 있을 정도로 감쇄되지 않는다. 두번째로는 연료를 포함하지 않고 물을 포함하는 외장에 물이 대량으로 함유되어 있어도 감쇄는 거의 일어나지 않는다는 종래 기술에 반하여 외장내에 연료 펠릿과 그들을 에워싼 물의 막이 동시에 존재할 경우, S0모드에서 램파가 상당히 크게 감쇄를 받는다는 것이다.

이에 따라 본 발명은 액체중에 침수된 연료 집합체 중의 결함이 있는 연료 요소를 초음파 흡수를 이용하여 검출하는 방법에 있어서, 램파로서 전송할 수 있도록 주파수 및 지속시간을 갖는 초음파의 파열(train)을 상기 외장의 단부로부터 반복 전송하는 단계와 ; 하나의 프랙션(fraction)이 상기 외장에 있는 물에 의해 현저한 흡수에 대응하고, 다른 프랙션이 상기 외장중의 기계적인 결함에 의해 에코에 대응하는 주파수 대역내에 포함되는 상이한 주파수에 대해 에코를 검출하는 단계를 구비하는 것을 그 특징으로 한다.

외장내에 램 모드를 전파시키기 위해 파장이 외장의 두께와 같거나 또는 작은 주파수에서 파열의 형태로 초음파 음속 셀을 적용할 필요가 있다는 것이 이미 알려져 있다. 그러므로 채택될 수 있는 주파수의 상한은 쉽게 결정될 수 있다. 이와같이 결정된 주파수 대역내에서 펠릿과 외장 사이에 물의 막이 존재할 경우에 흡수의 극대에 대응하는 주파수 제1대역과, 외장내의 기계적인 결함의 검출에 대응하는 제2의 대역이 선정된다. 실제로는 액체의 존재를 검출하기 위한 제1주파수 대역(f_1)과, 이 주파수 대역(f_1)보다 큰 기계적인 결함을 검출하기 위한 주파수 대역(f_2)이 사용된다. 이들 주파수 대역 f_1 과 f_2 는 1메가 헬쯔 보다 낮은 주파수 즉 금속 제품의 초음파 시험을 위해 현재 사용되고 있는 주파수 보다 더 상당히 낮은 주파수에 대체로 대응한다.

단부 캡을 거쳐 스프링에 가해지는 초음파 파열과, 스프링 중에 A_0 형 또는 A_1 형의 램 모드 전파로 생기는 주파수 및 지속시간 파열의 복귀 에코를 나중에 분석함으로써 팽창실 중의 스프링을 에워싸는 가스 압력의 표시가 얻어진다. 이 압력을 정하는데 대응하는 주파수 대역은 대체로 상기 대역 f_1 과 f_2 보다도 낮다.

단부 캡 또는 외장에 결함되며 발신기 및 검출기로서 사용되는 단일 변환기를 이용해서 1회의 연속 조작으로 연료붕의 검출을 행하는 것이 유리하다. 왜냐하면 주파수 대역 f_1, f_2, f_3 를 평운(sweep)하도록 주파수파열이 점진적으로 변화하기 때문이다. 이러한 각각의 미리 선정된 대역에서 에코의 최대치를 증가시키든가 보다 양호하게는 미리 선정된 대역 전체에 걸쳐 에코의 평균을 구하는 것이 가능하다. 샘플링 및 수치제어에 의하여 시험에서 얻은 정보를 배열하고 유용한 정보를 형성하여 베이스 노이즈를 감소시키기

위한 수학적 처리를 행할 수 있다.

본 발명은 불투과성 외장을 포함하고, 가압 가스 분위기에 의해 둘러싸인 연료 펠릿 적층체를 내장하고 있는 핵 연료 집합체의 연료 요소중 결함이 있는 연료 요소를 검출하는 장치로서, 외장에 램 모드의 초음파의 파열을 적용할 수 있는 전기 음향변환기와 ; 램 모드의 전파에 대응하는 대역내의 여러 주파수로서 그 범위의 일부가 상기 외장내에 액체가 존재할 경우에 상당한 흡수에 대응하는 주파수를 가진 파열에 의하여 전기 음향 변환기를 여기시키는 발생기와 ; 에코를 수신하여 처리하는 회로를 구비하는 것을 그 특징한다.

통상의 기준 예컨대 Voktorov에 의해서 레일 레이 및 램파(Rayleigh and Lambwaves)에 설명된 기준을 이용하여 계산을 행할 경우, 소정의 재료 형태와 스프링의 재원, 소정의 외장 두께에 대한 S형(대칭형) 및 A형(비대칭형) 전파에 대응하는 주파수의 대역을 대략 결정할 수 있다. 그러나, 최적 주파수는 각 연료 봉에 대하여 단지 실험으로 결정을 할 수 있게 된다. 그의 주파수는 연료봉의 제조 공차 때문에 각 연료 봉마다 변화함으로써 연료봉의 그룹에 대하여 최적치를 커버하는 주파수 대역을 정하여 그의 각각에 대하여 주파수 대역내의 여러 주파수에서 얻어지는 에코의 평균치를 정하는데 충분하다.

본 발명은 이와 첨부한 연관해서 이하 상세히 설명될 것이다.

본 발명을 설명하기 전에, 본 발명이 적용될 연료 요소에 대한 간단한 설명을 하는 것이 유용할 것이다. 경수로용 연료 집합체에서 동일한 요소로 조립될 연료 요소(10)는 수미터의 길이를 갖는 외장(12)으로 이루어져 있다. 일반적으로 지르코늄을 주성분으로 합금한 외장은 두개의 용접 단부 캡(14, 16)에 의하여 액체를 불투과할 수 있게 닫혀진다. 외장(12)은 핵 연료 펠릿(18)의 적층체를 포함하고, 이런 펠릿(18)은 팽창실(22)의 스프링(20)에 의해서 하부 단부 캡(16)과 접촉한 상태로 유지된다. 상부 단부 캡(14)에는 호울(23)의 밀폐전에 고압(통상 약 30바아)에서 헬륨을 유입하기 위하여 성분의 집합후에 연료 요소(10)를 세정하는 호울이 갖추어져 있다. 펠릿(18)은 조사시 펠릿의 팽창을 수용하기 위하여 외장(12)의 내부 직경보다 다소 작은 내부 직경을 갖는다. 따라서, 각 펠릿(18)의 주위의 부분과 외장(12)사이에 기체막이 존재한다.

이와같은 연료 요소(10)가 원자로 내에서 조사될때 외장의 균열을 야기시키는 결함이 생긴다. 바꾸어 말하면 이러한 균열은 압력의 저하와 외장내의 물을 순환시키거나 유입시킨다. 본 발명은 여러 결함의 지시를 검출할 수 있다.

이러한 목적을 위하여, 본 발명은 연료 요소(10)에 램 모드로 전파되는 초음파의 반사 및 흡수 현상을 이용한다. 제2도에 도시된 전기 음향 변환기(24)는 상부 단부캡(14)에 연결되어 램 모드에 전파가 발생하도록 선정된 주파수 및 지속 시간의 초음파 파열을 캡(14)에 적용할 수 있다. 하기에 기재된 바와같이 변환기(24)는 방사상으로 배치될 수 있다. 변환기(24)에 조합될 회로를 설명하기 전에, 결함의 여러 상태를 검출하는 방법에 대해서 설명한다.

램파의 S모드에 대응하는 주파수 및 지속 시간의 파열을 변환기(24)에 의해 제2도의 경우에 캡(14)을 적용하고, 하부 단부캡(16)로부터 반사에 의해 생기는 에코의 진폭을 측정하여 검출을 행한다. 변환기는 광범위한 동작 주파수를 허용하는 형식으로 구성되어 외장내에 존재하는 물에 의해 흡수가 특정대역에 대응하도록 선정된 주파수 f_1 의 제1영역내에 규칙적으로 분포된 연속적인 주파수에서 여기된다. 그의 주파수 대역 f_1 은 램 모드의 전파에 대응하는 요건을 가지며 그의 상한은 벽의 두께와 동일한 파장에 대응하는 값을 초과하지 않아야한다. 실제, 물의 존재는 비교적 저 주파수 대역으로 검출된다.

펠릿은 외장과 약간만 접촉하고 있을뿐 물을 포함하지 않는 본래의 연료 요소 경우에, 변환기(24)로부터 신호는 방사 피크(26)와, 하부 단부캡(16)으로부터 에코에 의해 발생된 고수신티크(28)를 포함하는 제3a도에 나타난 파형을 가진다. 외장에 의한 흡수는 적고 주파수 대역(f_1)내의 몇차례 시행에서 얻어지는 값의 평균치를 구하면 낮은 베이스 노이즈(30)가 나타내어진다.

그 반대로, 연료 요소는 결함을 갖어 물을 함유하고 있으면, 수신 피크(28)는 물과 펠릿(18)이 동시에 존재하는 것에 관련한 파의 감쇄 때문에 부분적으로든가 또는 완전히 소실된다(제3b도). 실제적으로 이런 감쇄는 수 길이의 연료 요소 경우에 수신 피크(28)가 완전히 소실된다.

본래 또는 조사후에 펠릿이 팽윤하고 외장과 접촉하도록된 연료 요소 경우에는 제3c도에 도시된 비교적 큰 베이스 노이즈가 발생한다. 이런 변화는 다수의 접촉점의 존재와 고체의 분열 생성물에 의해 생기는 작은 덩어리에 의한 것이다. 그러나 이런 베이스 노이즈는 물의 존재 검출에는 완전히 간섭하지 않아 물의 존재는 하부 단부캡(16)으로부터의 수신 피크(28)의 억제뿐만 아니라 연료봉의 습기찬 영역에서 외장(12)과펠릿간의 접촉에 의하여 에코의 감쇄로서 나타내어진다.

외장내의 기계적 결함의 검출은 이들의 결함으로 발생한 에코를 측정함으로써 실시된다. 이러한 방법은 초음파의 의한 비파괴 시험에 사용되고 발신 및 수신 사이에 시간 간격은 결함의 위치를 표시한다. 이러한 검출은 S0전파 모드 및 외장(12)내에 존재하는 물에 의해 감소된 흡수에 대응하기 위하여 선택된 주파수 대역(f_2)에서 실시한다. 이런 주파수 대역(f_2)은 일반적으로 램파로서 전파에 대응하는 상한치로 선정된다. 완전한 연료봉에 있어서 얻어진 응답 곡선은 제3a도의 도시와 같이 되나 균열 또는 구멍을 갖는 연료봉에는 중간 에코가 발생한다.

내부 압력의 손실로서 도시되는 외장(12)의 불투과성의 결함을 검출하기 위해서는 램파 A_2 및 A_1 모드에 따라 스프링(20) (제1도)내에 초음파가 전파되는 주파수 대역 f_3 내에 선택된 계속적인 주파수에 있어서, 지속시간이 긴 정현 파열에 의하여 변환기(24)가 여기된다. 이들의 모드는 전파 매체의 환경 즉 스프링(20)을 에워싸는 분위기에 극히 민감한 감쇄를 나타내는 특징을 가지고 있다. 즉, 외장(12)의 내부가 정상의 압력30바아에 있으면 A_0, A_1 모드는 완전히 감쇄되고, 제5a도에 도시한 신호를 발생한다. 그러나 팽창실(22)내의 가스가 누설하여 대기압에 극히 가까운 값으로 압력이 감소되면 스프링(20)의 선단에

큰 에코(32)(제5b도)가 검출된다.

바람직하게도, 주파수 스펙트럼을 스위핑(sweeping)하는 연속시행에 의하여 시험이 실시되어 제6도의 도시와 같은 일련의 에코를 발생한다.

제6도에 도시한 검출 에코는 400~650 KHz의 대역내의 5·55 KHz간격의 주파수에서 실시한 일련의 시행에 대응하고 있다. 주파수 대역 f_3 에서 스프링(20)중에 모드 A_0 및 A_1 의 초음파를 발생하도록 변환기(24)가 여기된다. 스프링(20)의 선단에 대응하는 거리에 에코가 존재하지 않는 것은 가압이 유지되고 있는 것을 나타낸다. 약 403~550 KHz의 대역 f_1 에서는 펄릿(18)의 팽윤(swelling)을 나타내는 큰 베이스 노이즈가 발견되고, 또 하부 단부캡(16)의 여러가지의 표면에 에코(32)가 존재하므로써 물의 존재가 표시된다. 또 주파수 대역 f_2 에서는 기계적 결함을 표시하는 에코(32)가 발생한다. 이 에코는 주파수 대역 f_1 에 있어서도 발생하나, 주파수 대역 f_2 에서는 거의 완전 소멸되고 있는 베이스 노이즈가 증대하고, 에코를 매몰시킨다.

변환기(24)에 관련하는 전자 회로는 제7도에 도시한 구조를 가지고, 가변 및 제어 주파수에서 정현파 발생기(34)를 구비하고 있다. 이들 발생기(34)는 방출 증폭기(36)에 정현파를 출력하고, 증폭기(36)에는 소정의 지속 시간 또는 파장수의 파열이 송출된다. 방출 증폭기(36)의 출력부는 변환기(24)에 접속된다. 변환기(24)에 의해 수신된 반사파는 직접 또는 분리기를 지나서 수신 증폭기(38)에 송출된다. 증폭기(38)에 의해 수신된 에코 신호는 수치 처리된다. 이 목적을 위해 증폭기(38)의 출력 신호는 샘플링 회로(40)에 송출되고, 샘플링 회로(40)의 샘플링 출력은 기억 장치(42)에 송출된다. 변환기(24)와 단부캡과의 사이의 초음파의 돌아오는 행정에 대응하는 지속 시간을 샘플링한 후에 기억장치(42)는 변환기(24)에 주파수 증대 회로로 부여하고, 증폭기(36)에 별도의 정현 파열을 방출하기 위한 동작 신호를 부여한다. 기억 장치(42)에 장치되는 연산 회로(44)는 모든 시행에 대하여 에코의 평균을 계산하여 그 결과를 디스플레이 장치(46)에 표시시킨다. 전 주파수에 걸치는 스위프와, 이것에 조립된 마이크로 프로세서에 의한 평균치의 계산에 의하여 특히 재료의 이방성, 용접부의 변동, 기타에 따른 연료 요소간의 차이가 감안된다.

각각의 연료봉 상에 본 발명의 검출 장치를 장치하는 것은 변환기(24)가 캡상에 축방향으로 배치될때 제8도의 도시와 같이 구성할 수 있는 원격 제어식의 기계장치에 의하여 실시한다. 이 기계 장치는 검사할 연료 요소를 함유하는 연료 집합체(53)를 수용하기 위한 하우징(50)과 일체의 아암(52)을 구비하고 X축 및 Y축에 따라 이동 가능한 테이블(54)을 구비하며, X축을 따라 이동시키기 위한 전동기(56)만이 도시된다. 이런 테이블(54)은 브래킷(57)을 가지고, 이 브래킷(57)은 연료요소의 방향과 평행을 이루는 Z축을 따라 변환기(24)를 이동시키는 장치를 구비하고 있다. 이런 이동 장치의 수직 이동은 연료 집합체(53)의 상부의 단부 피스를 제거한 후에 연료요소를 지나 연장되는 안내관들의 사이에 변환기(24)를 진입시킬 수 있는 크기로 한다.

연료 요소(10)의 캡상에 배치한 변환기(24)를 사용하는 대신, 반경 반향 변환기(24a)(제9도)를 사용해도 된다. 외장(12)의 모선과 직각인 초음파 비임을 방출하도록 배열된 변환기(24)는 여러가지 상이한 높이로 배열 할 수 있다. 상부 스페이스 그리드(58)을 포함하는 수형 원자로용의 기지의 연료 집합체에 있어서, 변환기(24)는 어떠한 경우에도 팽창실(22)의 레벨에 있도록 상부 단부캡(14)의 높이에 상부 스페이스 그리드(58)의 바로 위 또는 바로 아래에 배설할 수 있다. 이 경우에 가장 유리한 위치는 일반적으로 감안되는 조사에 의해 위치 결정의 변동을 허용하는 스페이스 그리드(58)의 바로 아래 위치이다. 반경 반향 변환기(24a)의 실시예에 있어서, 변환기(24a)는 지연선(60)상의 연속되는 탭점을 지나서 동일한 증폭기(36)에 접속되는 복수의 요소에 의하여 형성되고, 이들의 탭점은 하나의 방출기로부터 다음의 방출기까지 전파시간과같은 지연에 대응하고 있다. 외장(12)에 발생한 파는 변환기(24)를 형성하는 각각의 요소에 의하여 발생한 파의 합성이고, 외장(12)에 도달하는 경사된 파두를 발생시키는 것과 유사하다(제10도 참조).

반경 반향 변환기(24a)를 소정 위치에 부착하는 부착 장치는 축 방향 변환기(24)를 소정 위치에 장치하기 위한 부착 장치와 극히 유사하나, Z방향의 운동을 사용할 필요가 없다. 제8도에 간략하게 도시한 기구는 역시 좌표 방향으로 이동이 가능한 테이블(54a)을 구비하고 테이블(54a)의 레벨은 변환기(24a)가 상부 스페이스 그리드(58)의 바로 아래를 지나도록 조절된다. 이런 변환기는 연료봉이 적어도 1개의 팽창실(22)을 구비하는 모든 연료 집합체에 적용할 수 있다.

어떤 부착 장치를 사용한다해도 그 부착 장치는 바람직하게도 제7도의 전자 장치의 동작도 확실하게 하는 정보 장치(62)에 포함된다. 정보 장치(62)는 제11도에 도시한 구성 원리를 사용해도 되고, 정보 기억 장치(66)와 결합된 다중 기능 장치(64), 정보 출력 단자(68) 및 중앙 키이 보드(70)으로 구성되어 있어도 좋다. 다중 기능 장치(64)는 제7도의 상세한 도시와 같이 전자 회로(72)에 모선에 의하여 접속되고, 전자 회로(72)는 변환기(24)에 접속된다.

다중 기능 장치(64)는 장치를 동작시키도록, 특히 각각의 연료 요소(10)상의 소정 위치에 변환기(24)를 자동적으로 부착하도록 구성된다. 축방향 변환기의 경우, 이 부착 조작은 다음과 같이 실시된다. 검출침을 상방 위치로 하고, 검사할 연료 요소(10)과 대략 정렬시키며, 캡(14)으로부터 반사되는 에코를 최초로 X축 따르는 스위프와 Y축에 따르는 스위프에 의하여 수신한다. 캡(14)으로부터의 반사 에코의 진폭은 이들의 각각의 방향에 대하여 최대치를 통과하고, 2개의 최대치의 합치에 의하여 연료봉의 축선상에 정확히 위치결정된 것이 표시된다. 이 위치가 일단 정해지면 다중 기능 장치(64)는 접촉에 이를때까지 Z축에 따르는 이동을 제어한다.

또, 이 소정의 위치에의 부착은 기록 또는 지연된 분석 또는 재차 위치 결정 없이 실시간으로 실시되어 연료봉의 이론적 위치에 대한 위치 결함과 조사에 의한 열화가 보상된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

초음파 흡수를 이용하여 액체에 침수된 연료 집합체내의 결함 연료 요소를 검출하는 방법에 있어서, 램파로서 전파가 발생하는 주파수 및 지속 시간을 갖는 초음파의 파열을 외장의 단부로부터 반복 전송하는 단계와 하나의 프랙슨이 상기 외장내에 존재하는 물에 의해 현저한 흡수에 대응하고 다른 프랙슨이 상기 외장내의 기계적 결함에 의해 에코에 대응하는 주파수 대역내에 포함되는 상이한 주파수에 대해 에코를 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 연료 요소 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 제1의 주파수 대역(f_1)은 펄스와 외장 사이에 물의 막이 존재할 경우 최대 흡수에 대응되도록 선택되고, 제2의 주파수 대역은 상기 외장내의 기계적 결함의 검출에 대응되도록 선택되는 것을 특징으로 하는 검출 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 단부캡(14)과 연료 사이의 팽창실에 배치된 스프링(20)을 구비하는 형태의 결함 연료 요소를 검출하기 위하여 A_0 와 A_1 모드에서 램파로서 전파가 생기는 주파수 및 지속 시간의 초음파 파열을 상기 스프링에 적용하고, 상기 스프링의 단부에서 에코를 측정하는 것을 특징으로 하는 검출 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 전 주파수 대역에 걸쳐서 연속적인 주파수에 대해 전송과 검출을 반복하는 것을 특징으로 하는 검출 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 각 대역내의 여러 상이한 주파수에 대해 결과의 평균치를 구하는 것을 특징으로 하는 검출 방법.

청구항 6

각 불투과성 외장(12)을 포함하여 가압 가스 분위기에 의해 둘러싸인 연료 펠릿의 적층체를 내장하는 연료 집합체(53)의 결함이 있는 연료 요소를 검출하는 장치에 있어서, 램 모드의 초음파 파열을 외장(12)에 적용할 수 있는 전기 음향 변환기(24)과, 램 모드의 전파에 대응하는 대역내의 일부가 상기 외장내에 액체가 존재할 경우 상당한 흡수에 대응하는 여러 주파수를 가진 파열에 의해 전기 음향 변환기에서 여기시키는 발생기와, 에코를 수신하여 처리하는 회로를 구비하는 것을 특징으로 하는 검출 장치.

청구항 7

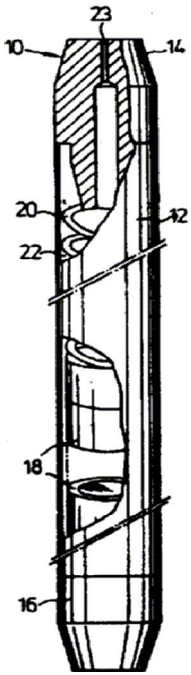
제6항에 있어서, 각 연료 요소(10)의 헤드에 변환기(24)를 배치할 수 있는 기계 장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 검출 장치.

청구항 8

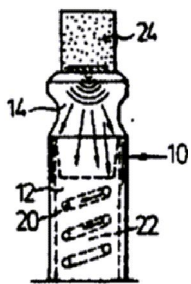
제6항에 있어서, 팽창실의 높이에서 연료 요소의 모선상에 반경 방향 변환기를 배치할 수 있는 기계 장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 검출 장치.

도면

도면1



도면2



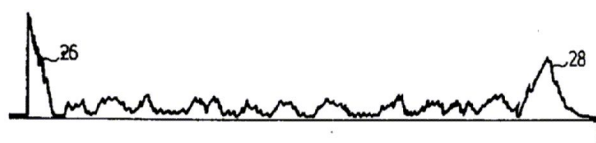
도면3a



도면3b



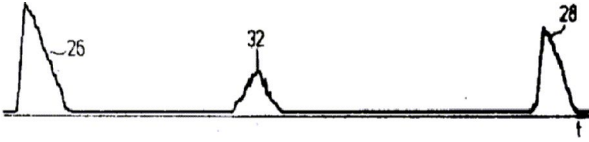
도면3c



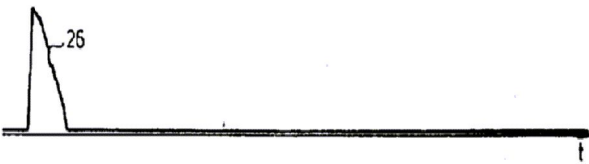
도면3d



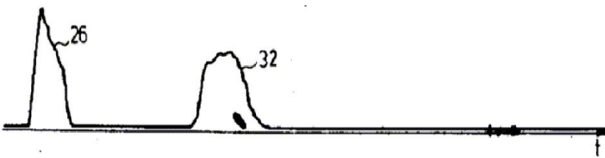
도면4



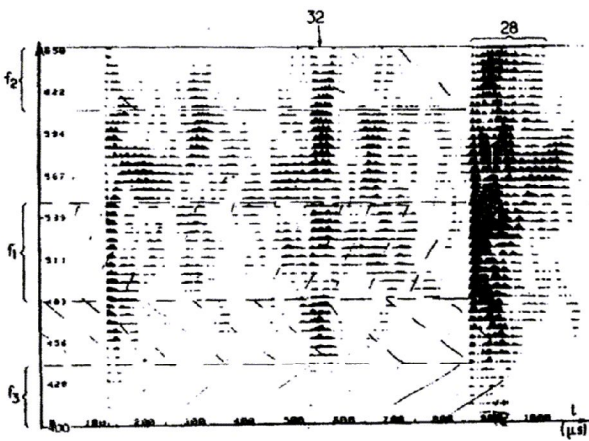
도면5a



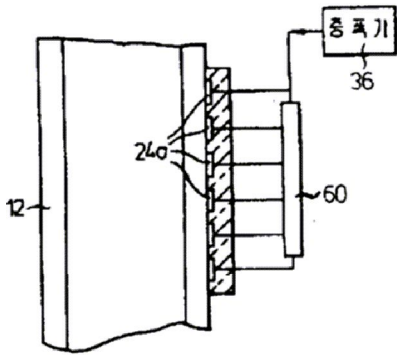
도면5b



도면6



도면10



도면11

