



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0088310
(43) 공개일자 2020년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21G 1/10 (2006.01) G21G 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21G 1/10 (2013.01)
G21G 1/001 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7012781
(22) 출원일자(국제) 2018년09월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년05월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/050877
(87) 국제공개번호 WO 2019/083634
국제공개일자 2019년05월02일
(30) 우선권주장
15/729,745 2017년10월11일 미국(US)

(71) 출원인
웨스팅하우스 일렉트릭 컴퍼니 엘엘씨
미국 펜실베이니아 16066 크랜베리 타운십, 웨스팅
하우스 드라이브 1000, 스위트 141
(72) 발명자
헤이벨 마이클 디.
미국 15636 펜실베이니아주 해리스 시티 휘슬 درا
이브 114
체르니악 루케 디.
미국 15666 펜실베이니아주 마운트 플레즌트 체르니
악 드라이브 1117
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 김윤기

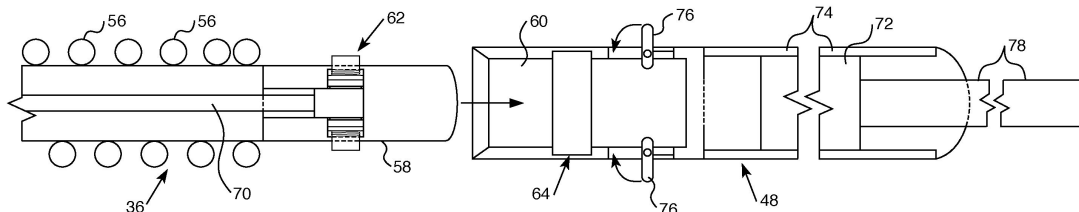
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 대량 생산 기반으로 방사성 동위 원소를 이식 및 수확하기 위한 방법 및 장치

(57) 요약

반응로의 동작 전체를 통해서 코어의 플럭스 맵을 획득할 수 있는 이동 가능 코어-내 검출기 시스템의 능력을 실질적으로 손상시키지 않으면서, 반응로 동작 중에 표적 시편을 반응로 코어에 삽입하고 그로부터 회수하도록 기존 핵 반응로 이동 가능 코어-내 검출기 시스템을 변경하기 위한 방법 및 장치. 그러한 장치는, 검출기 구동 시스템과 독립적인 그러나 코어에 접근하기 위해서 동일한 코어 전달 도관의 대부분을 이용하는, 분리된 구동 유닛 및 전달 케이블을 제공한다. 시편 홀더는, 적절히 배치될 때, 전달 케이블로부터 원격적으로 장착해제될 수 있고, 계획된 방사선의 기간 후에, 회수를 위해서 원격적으로 재부착될 수 있다.

대표도



(72) 발명자

헤아기 멜리사 엠.

미국 16002 펜실베이니아주 버틀러 포웰 로드 210

카바잘 조지 브이.

미국 15642 펜실베이니아주 어윈 브랜드와인 드라이브 407

엠카들 매튜 디.

미국 15668 펜실베이니아주 머리스빌 스프링 힐 로드 1096

테일러 제프리 제이.

미국 15239 펜실베이니아주 피츠버그 릿지탑 드라이브 19

얀켈 제임스 엘.

미국 15085 펜실베이니아주 트래포드 쿠엔 드라이브 216

명세서

청구범위

청구항 1

동위 원소 생산 케이블 조립체를 갖는 조사 표적 핸들링 시스템이며:

코어-내 검출기(12)를 검출기 구동 유닛(24)으로부터 반응로 코어(14) 내의 기구 심블까지 그리고 그러한 기구 심블을 통해서 이송하는 기존 핵 반응로 이동 가능 코어-내 검출기 시스템의 도관과 양립 가능하도록 구성된 표적 홀더 구동 케이블(36)로서, 구동 케이블의 선행 단부 상의 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중 원격적으로 제어되는 하나의 커플링(58)을 갖는, 표적 홀더 구동 케이블;

기존 핵 반응로 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 상의 검출기 구동 유닛(24)으로부터 분리되고 그리고 그와 독립적이며, 표적 홀더 구동 케이블(36)을 코어(14) 내외로 구동하도록 구성되는 표적 홀더 구동 케이블 구동 모터 유닛(34)으로서, 표적 홀더 구동 케이블을, 기존 핵 반응로 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 상의 도관, 제1 다수경로 선택기(28) 및 제2 다수경로 선택기(30) 내로 그리고 이를 통해서 구동하도록 구조화되는, 표적 홀더 구동 케이블 구동 모터 유닛;

시편 표적 홀더(48)로서, 시편 표적 홀더의 후행 단부 상의 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중의 다른 커플링(60)을 갖고, 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중의 다른 커플링은 표적 홀더 구동 케이블(36)의 선행 단부 상의 슛놈형 또는 암놈형 커플링(58) 중 하나의 커플링과 교합되도록 구성되는, 시편 표적 홀더; 및

제2 다수경로 선택기(30) 상의 배출구 경로(52)로부터 입력을 수신하고, 새로운 시편 부착 위치(42)로의 제1 출력, 조사된 시편 오프로딩 위치(44)로의 제2 출력, 및 코어(14)로의 제3 출력(54)을 제공하도록 구조화된 제3 다수경로 선택기(40)를 포함하는, 조사 표적 핸들링 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

시편 표적 홀더(48)는 시편 표적 홀더의 외측 벽으로부터 또는 이를 통해서 연장되어 반응로 코어(14) 내의 기구 심블의 내부 벽과 접촉되는 반경방향 돌출부(76)를 갖고, 반응로 코어 내부로 시편 표적 홀더가 표적 홀더 구동 케이블(36)에 의해서 구동되고, 반경방향 돌출부는 시편 홀더가 구동 케이블로부터 장착해제될 때, 기구 심블 내의 시편 홀더의 축방향 위치를 유지하는, 조사 표적 핸들링 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

스�놈형 또는 암놈형 커플링 중 하나의 커플링(58)은, 시편 표적 홀더(48) 상의 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중 다른 커플링(60)에 커플링될 때, 반경방향 돌출부(76)를 기구 심블의 내부 벽으로부터 멀리 이동시키도록 구성되는, 조사 표적 핸들링 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

시편 표적 홀더가 구동 케이블(36)에 의해서 그 내부로 구동되는, 코어(14) 내의 기구 심블 내의 미리 선택된 축방향 위치를 시편 표적 홀더가 달성하는 때를 결정하기 위해서 시편 표적 홀더(48)에 부착되는 축방향 위치결정 장치(78)를 포함하는, 조사 표적 핸들링 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

기구 심블은 폐쇄된 상부 단부를 갖고, 시편 표적 홀더(48)의 선행 단부는, 시편 표적 홀더가 그 내부로 구동되는 기구 심블의 폐쇄된 상부 단부의 내부와 접촉되는 크기의 축방향 돌출부(78)를 갖는, 조사 표적 핸들링 시스템.

템.

청구항 6

제5항에 있어서,

축방향 돌출부(78)의 길이는 조정 가능한 길이를 갖는 와이어인, 조사 표적 핸들링 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

표적 홀더 구동 케이블(36)은 "Y" 연결부를 통해서 도관에 진입하고, "Y"의 하나의 다리부는 표적 홀더 구동 케이블 구동 모터 유닛(34)에 연결되고, "Y"의 제2 다리부는 검출기 구동 유닛(24)에 연결되는, 조사 표적 핸들링 시스템.

청구항 8

이동 가능 코어-내 방사선 검출기 플렉스 맵핑 시스템을 갖는 핵 반응로(16)의 코어(14) 내의 다수 시편을 조사하는 방법이며, 코어는, 플렉스 맵핑 시스템의 방사선 검출기(12)가 내부로 삽입될 수 있고 통해서 이동될 수 있는 기구 심블을 각각 갖는 복수의 연료 조립체를 포함하고, 상기 방법은:

제1 구동 유닛(34)에 의해서 구동되는 제1 구동 케이블(36)의 선행 단부에서 제1 시편(72)을 포함하는 제1 시편 홀더(48)를 코어(14) 내의 제1 기구 심블 내로 삽입하는 단계;

제1 구동 케이블(36)을 제1 시편 홀더(48)로부터 원격적으로 장착해제시키고, 제1 기구 심블 내의 제1 시편 홀더의 축방향 위치를 고정하는 단계;

제1 구동 케이블(36)을 반응로(16)로부터 회수하는 단계;

제2 시편(72)을 포함하는 제2 시편 홀더(48)를 제1 구동 유닛(34)에 의해서 구동되는 제1 구동 케이블(36)의 선행 단부에 부착하는 단계;

제2 시편(72)을 포함하는 제2 시편 홀더(48)를 코어(14) 내의 제2 기구 심블 내로 삽입하는 단계;

제1 구동 케이블(36)을 제2 시편 홀더(48)로부터 원격적으로 장착해제시키고, 제2 기구 심블 내의 제2 시편 홀더의 축방향 위치를 고정하는 단계;

제1 구동 케이블(36)을 반응로(16)로부터 회수하는 단계;

회수하는 단계와 2번째 삽입하는 단계 사이에, 이동 가능 코어-내 방사선 검출기(12)를, 제2 구동 유닛(24)에 의해서 구동되는 제2 구동 케이블(50)에 부착된 이동 가능 코어-내 검출기 방사선 플렉스 맵핑 시스템으로부터, 제3 기구 심블 내로 그리고 이를 통해서 삽입하는 단계; 및

플렉스 맵핑 활동을 실시한 후에, 이동 가능 코어-내 방사선 검출기(12)를 반응로(16)로부터 회수하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

삽입하는 단계들은 시편 홀더(48)를, 플렉스 맵이 실행되는 시간에 동시적인 조사를 위해서 플렉스 맵핑 시스템이 접근할 수 있는 기구 심블들의 절반의 수 내로 삽입하는, 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

각각의 기구 심블 내의 시편 홀더(48)의 축방향 위치를 고정하는 단계들은, 각각의 시편 홀더가 상응하는 기구 심블 내의 미리 선택된 축방향 위치에 있는 때를 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

제1 구동 케이블(36)을 반응로로부터 회수하는 단계는, 플렉스 맵의 작동 전에, 제1 구동 케이블을 이동 가능 코어-내 방사선 검출기 플렉스 맵핑 시스템의 외부로 회수하는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 방사성 동위 원소를 핵 코어 내로 삽입하고 그로부터 제거하기 위한, 그리고 보다 특히, 그러한 동위 원소를, 전기를 생성할 수 있는 반응로의 설비 능력을 감소시키지 않으면서, 대량 생산 기반으로 상업용 핵 반응로 내로 삽입하고 그로부터 제거하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 방사성 동위 원소 열 발생기(RTG)와 같은, 의료적 및 다른 상업적 기업을 위한 방사성 동위 원소의 상업적 생산은, 유용한 동위 원소의 상업적인 양을 생성하는데 필요한 중성자 공급원 기반시설을 개발하는 것과 연관된 매우 높은 비용에 의해서 제한되는 프로세스이다. 이는, 이러한 방사성 동위 원소의 유용한 적용을 매우 고비용이 되게 하고, 매우 제한된 수의 이용 가능한 동위 원소 생산 설비에서의 실제적인 또는 인지될 수 있는 중단으로 인해서, 공급 및 비용이 극단적으로 변동되게 한다. 이러한 상황과 연관된 인적 비용은 대부분의 사람이, 많은 수의 이용 가능한 방사성 동위 원소 진단 및 치료 양상에 의해서 제공될 수 있는, 의료 혜택 비용을 감당할 수 없다는 것이다.

[0003] 또한, 방사성-의약품을 생산하기 위해서 프로세스되는 방사성 동위 원소를 생산하기 위해서 현재 이용되는 반응로는 매우 오래된 것이고, 계속적인 동작은, 투자에 비해서 얻는 것이 적은 것으로 보이는, 매우 고비용의 업그레이드를 필요로 한다. 결과적으로, 기존 생산 능력을 유지하는데 필요한 반응로 자원은 보이지 않는다. 해결하고자 하는 기본적인 문제는, 심각한 의료적 문제를 진단 및 치료하는데 필요한 방사성 동위 원소의 부족을 초래하게 될, 기존 의료용 방사성 동위 원소 생산 기반 시설의 노후 문제로 인한 의료용 방사성 동위 원소 생산 능력의 부족을 해결하는 것이다. 따라서, 바람직하게 될 고가인, 방사성 동위 원소를 생산하기 위한 대안적인 방식이 필요하다.

[0004] 상업적 발전 설비에서 이용되는 많은 수의 동작되는 핵 반응로는, 코어 내의 축방향 및 반경방향 파워 분포를 주기적으로 측정하기 위해서, 미국 특허 제3,932,211호에서 설명된 것과 같은, 이동 가능 코어-내 검출기 시스템을 이용한다. 이동 가능한 검출기 시스템은 일반적으로, 코어-내 플렉스 심블(thimble)의 다양한 조합을 평가할 수 있는 방식으로 상호 연결되는, 플랜트의 크기(2개, 3개, 또는 4개의 루프)에 따라 달라지는, 4개, 5개, 또는 6개의 검출기/구동부 조립체를 포함한다. 심블 상호 연결 능력을 획득하기 위해서, 각각의 검출기는 5개 또는 6개-경로 및 10개 또는 15개-경로 회전식 기계적 전달 장치와 연관되었다. 검출기가 통과하여 구동되는 전달 장치, 특히 심블에 의해서 선택하는 것에 의해서, 코어 맵이 만들어진다. 맵핑 시간을 최소화하기 위해서, 각각의 검출기는, 그 회수 위치로부터 코어 바로 아래의 지점까지, 고속(분당 72 피트)으로 작동될 수 있다. 이러한 지점에서, 검출기 속력은 분당 12 피트로 감소되고, 검출기는 코어의 상단부로 이동되고, 방향이 반전되고, 검출기는 코어의 하단부로 이동된다. 이어서, 검출기 속력은 분당 72 피트까지 증가되고, 검출기는 그 회수 위치까지 이동된다. 전달 장치를 회전시키는 것에 의해서 맵핑을 위한 새로운 플렉스 심블이 선택되고, 전술한 과정이 반복된다.

[0005] 도 1은 이동 가능한 소형 검출기의 삽입을 위한 기본적인 시스템을 도시한다. 소형 검출기(12)가 그 내부로 구동되는, 후퇴 가능한 심블(10)은 대략적으로 도시된 바와 같은 경로를 취한다. 심블은, 반응로 용기(16)의 하단부로부터 콘크리트 차폐 지역(18)을 통해서 그리고 이어서 심블 밀봉 테이블(20)까지 연장되는 도관을 통해서, 반응로 코어(14) 내로 삽입된다. 이동 가능한 검출기 심블이 선행(반응로) 단부에서 폐쇄되기 때문에, 그러한 심블은 내측에서 건조하다. 따라서, 심블은 반응로 수압(2500 psig 설계)과 대기압 사이의 압력 장벽으로서의 역할을 한다. 후퇴 가능한 심블과 도관 사이의 기계적 밀봉부가 밀봉 테이블(20)에서 제공된다. 도관(22)은 반응로 용기(16)의 필수적인 연장부이고, 심블은 코어-내 기구 이동 가능 소형 검출기가 삽입될 수 있게 한다. 동작 중에, 심블(10)은 정지적이고, 재연료 주입 또는 유지보수 동작 중에, 감압된 조건 하에서만 후퇴될 것이다. 용기 내부에서 작업이 요구되는 경우에, 심블을 반응로 용기의 하단부로 후퇴시키는 것이 또한 가능하다.

- [0006] 소형 검출기를 삽입하기 위한 구동 시스템은, 기본적으로, 도시된 바와 같이, 구동 유닛(24), 리미트 스위치 조립체(26), 5개-경로 회전식 전달 장치(28), 10개-경로 회전식 전달 장치(30), 및 격리 밸브(32)를 포함한다. 각각의 구동 유닛은 나선형 랩 구동 케이블(hollow helical wrap drive cable)을, 소형 검출기가 케이블의 선행 단부에 부착되고 검출기 출력을 통신하는 작은 직경의 동축적 케이블이 중공형 중심부를 통해 구동 케이블의 후행 단부에 대해 다시 꿰어진 상태로 코어 내로 민다.
- [0007] 의료적 과정에서 이용되는 동위 원소와 같이, 조사(irradiation) 요구형 중성자 활성화 및 변성 생성물의 생성을 위해서 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 플럭스 심블(10)을 이용하는 것은, 반응로 코어(14) 내에 위치한 플럭스 심블 내측으로부터 조사되도록 물질을 삽입하고 회수하기 위한 수단을 필요로 한다. 바람직하게, 사용되는 수단은 생산 프로세스 중에 사람에 대한 방사선 노출 가능성을 최소화하고, 또한 이러한 프로세스 중에 생성되는 방사성 폐기물의 양을 최소화한다. 생성되는 활성화 또는 변성 생성물의 양을 보장하기 위해서 표적 물질에 의해서 수용되는 중성자 노출을 정확하게 모니터링하기 위해서, 장치는, 표적 물질의 근접부 내의 중성자 플럭스의 표시가 연속적으로 측정될 수 있게 할 필요가 있다. 이상적으로, 사용되는 수단은, 상업용 핵 반응로의 코어 내에 센서를 삽입하고 회수하기 위해서 현재 이용되는 시스템과 양립될 수 있다. 2016년 7월 14일에 출원되고, 명칭이 "조사 표적 핸들링 장치"인, 함께-계류 중인 미국 특허출원 제15/210,231호는, 전체 연료 사이클 미만을 위한 코어 노출을 필요로 하는 의료용 동위 원소의 생산을 위한 전술한 중요한 고려사항 모두를 만족시키는 동위 원소 생산 케이블 조립체를 설명한다.
- [0008] 희망하는 방사성 동위 원소 생성물을 생산하기 위해서 다수의 중성자 유도 변성 반응이 발생할 것을 필요로 하는 중성자 변성을 통해서 생산되거나, Co-60, W-188, Ni-63, Bi-213 및 Ac-225와 같이, 매우 작은 중성자 상호작용 횡단면을 갖는 물질로부터 파생되는 다른 상업적으로 가치가 있는 방사성 동위 원소가 있다. 이러한 동위 원소는 전체 사이클의 코어 체류 시간 또는 그 초과를 필요로 한다. 상업용 파워 반응로는, 전기 파워를 생산하기 위해서 이용되는 반응로로부터의 열 출력에 상당히 기여하지 않는 대량의 중성자를 갖는다. 본 발명은, 반응로 동작 및 동작 비용에 최소로 영향을 미치면서, 장기간의 중성자 노출, 즉 연료 사이클 또는 그 초과, 또는 단기간의 노출, 즉 하나의 연료 사이클 미만을 필요로 하는 상업적으로 가치가 있는 양의 방사성 동위 원소를 생산하기 위해서, 상업용 핵 반응로 내의 중성자 환경을 이용하기 위해서 사용될 수 있는 프로세스 및 연관된 하드웨어를 설명한다. 2016년 11월 2일자로 출원된 미국 특허출원 제15/341,478호에서 설명된 하드웨어 및 방법론은, 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 파워 분포 측정 프로세스의 기능성을 방해하지 않으면서 전술한 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 장비를 이용하여, 낡은 동위 원소 생산 반응로 내에서 현재 생산되는, 코어 내의 비교적 긴 체류 시간을 필요로 하는 방사성 동위 원소의 생산을 가능하게 할 것이다.
- [0009] 해당 상업용 설비의 전기 파워 출력에 부정적인 영향을 미치지 않으면서, 대량 생산 규모로 상업용 핵 반응로 내에서 방사성 동위 원소를 생산할 수 있는 더 효율적인 방사성 동위 원소 생성 프로세스가 여전히 추가적으로 필요하다. 본 발명의 목적은 그러한 필요성을 만족시키는 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0010] 이러한 그리고 다른 목적, 본 발명에 따라, 코어-내 검출기를 검출기 구동 시스템으로부터 반응로 코어 내의 기구 심블까지 그리고 그러한 기구 심블을 통해서 이송하는 기존 핵 반응로 이동 가능 코어-내 검출기 시스템의 도관과 양립 가능하도록 구성된 표적 홀더 구동 케이블을 포함하는 동위 원소 생산 케이블 조립체를 갖는 조사 표적 핸들링 시스템으로 달성된다. 표적 홀더 구동 케이블은 구동 케이블의 선행 단부 상의 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중 원격적으로 제어되는 하나의 커플링을 갖는다. 표적 홀더 구동 케이블 구동 모터 유닛은, 기존 핵 반응로 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 상의 검출기 구동 유닛으로부터 분리되어 그리고 그와 독립적으로 제공된다. 표적 홀더 구동 케이블 구동 모터 유닛은 표적 홀더 구동 케이블을 코어 내외로 구동하도록 구성되고, 표적 홀더 구동 케이블을, 기존 핵 반응로 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 상의 도관, 제1 다수경로 선택기 및 제2 다수경로 선택기 내로 그리고 이를 통해서 구동하도록 구조화된다. 시편 표적 홀더가 제공되고 시편 표적 홀더는 시편 표적 홀더의 후행 단부 상의 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중 다른 커플링을 갖고, 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중 다른 커플링은 표적 홀더 구동 케이블의 선행 단부 상의 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중 하나

의 커플링과 교합되도록 구성된다. 제3 다수경로 선택기가 제2 다수경로 선택기 상의 배출구 경로에 연결되고 그로부터 입력을 수신하고, 새로운 시편 부착 위치로의 제1 출력, 조사된 시편 오프로딩 위치로의 제2 출력, 및 코어로의 제3 출력을 제공하도록 구조화된다.

[0011] 일 실시예에서, 시편 표적 홀더는 시편 표적 홀더의 외측 벽으로부터 또는 이를 통해서 연장되어 반응로 코어 내의 기구 심블의 내부 벽과 접촉되는 반경방향 돌출부를 갖고, 반응로 코어 내부로 시편 표적 홀더가 표적 홀더 구동 케이블에 의해서 구동되고, 반경방향 돌출부는 시편 홀더가 구동 케이블로부터 장착해제될 때, 기구 심블 내의 시편 홀더의 축방향 위치를 유지한다. 바람직하게, 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중 하나는, 시편 표적 홀더 상의 슛놈형 또는 암놈형 커플링 중 다른 커플링에 커플링될 때, 반경방향 돌출부를 기구 심블의 내부 벽으로부터 멀리 이동시키도록 구성된다.

[0012] 또 다른 실시예에서, 조사 표적 핸들링 시스템은, 시편 표적 홀더가 구동 케이블에 의해서 그 내부로 구동되는, 코어 내의 기구 심블 내의 미리 선택된 축방향 위치를 시편 표적 홀더가 갖는 때를 결정하기 위해서 시편 표적 홀더에 부착되는 축방향 위치결정 장치(axial positioning device)를 포함한다. 바람직하게, 기구 심블은 폐쇄된 상부 단부를 갖고, 시편 표적 홀더의 선행 단부는, 시편 표적 홀더가 그 내부로 구동되는 기구 심블의 폐쇄된 상부 단부의 내부와 접촉되는 크기의 축방향 돌출부를 갖는다. 하나의 그러한 실시예에서, 축방향 돌출부의 길이는 조정 가능한 길이를 갖는 와이어이다. 바람직하게, 표적 홀더 구동 케이블은 "Y" 연결부를 통해서 도관에 진입하고, "Y"의 하나의 다리부(leg)는 표적 홀더 구동 케이블 구동 모터 유닛에 연결되고, "Y"의 제2 다리부는 검출기 구동 유닛에 연결된다.

[0013] 본 발명은 또한, 이동 가능 코어-내 방사선 검출기 플럭스 맵핑 시스템을 갖는 핵 반응로의 코어 내의 다수 시편을 조사하는 방법을 고려하며, 그러한 코어는, 플럭스 맵핑 시스템의 방사선 검출기가 내부로 삽입될 수 있고 통해서 이동될 수 있는 기구 심블을 각각 갖는 복수의 연료 조립체를 포함한다. 방법은, 제1 구동 유닛에 의해서 구동되는 제1 구동 케이블의 선행 단부에서 제1 시편을 포함하는 제1 시편 홀더를 코어 내의 제1 기구 심블 내로 삽입하는 단계를 포함한다. 다음에 방법은 제1 구동 케이블을 제1 시편 홀더로부터 원격적으로 장착해제시키고, 제1 시편 홀더의 축방향 위치를 제1 기구 심블 내에서 고정한다. 이어서, 제1 구동 케이블이 반응로로부터 회수된다. 다음에, 제2 시편을 포함하는 제2 시편 홀더가 제1 구동 유닛에 의해서 구동되는 제1 구동 케이블의 선행 단부에 부착된다. 이어서, 제2 시편을 포함하는 제2 시편 홀더가 코어 내의 제2 기구 심블 내로 삽입된다. 제1 구동 케이블은 다음에 제2 시편 홀더로부터 원격적으로 장착해제되고, 제2 시편 홀더는, 제2 기구 심블 내에서 구동되었던 축방향 위치에서 고정된다. 다음 단계는 제1 구동 케이블을 반응로로부터 회수한다. 회수 단계와 2번째 삽입 단계 사이에, 방법은, 이동 가능 코어-내 방사선 검출기를, 제2 구동 유닛에 의해서 구동된 제2 구동 케이블에 부착된 이동 가능 코어-내 검출기 방사선 플럭스 맵핑 시스템으로부터, 제3 기구 심블 내로 그리고 이를 통해서 삽입하고, 플럭스 맵핑 활동을 실시한 후에, 이동 가능 코어-내 방사선 검출기를 반응로로부터 회수한다.

[0014] 방법의 일 실시예에서, 삽입하는 단계들은 시편 홀더를, 플럭스 맵이 실행되는 시간에 동시적인 조사를 위해서 플럭스 맵핑 시스템이 접근할 수 있는 기구 심블들의 절반의 수 내로 삽입한다. 바람직하게, 각각의 기구 심블 내에서 시편 홀더의 축방향 위치를 고정하는 단계는, 각각의 시편 홀더가 상응하는 기구 심블 내의 미리 선택된 축방향 위치에 있는 때를 결정하는 단계를 포함한다. 하나의 그러한 실시예에서, 제1 구동 케이블을 반응로로부터 회수하는 단계는, 플럭스 맵의 작동 전에, 제1 구동 케이블을 이동 가능 코어-내 방사선 검출기 플럭스 맵핑 시스템의 외부로 회수하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0015] 첨부 도면과 함께 읽을 때, 바람직한 실시예에 관한 이하의 설명으로부터, 본 발명을 더 잘 이해할 수 있을 것이다.

도 1은 복수의 표적 동위 원소를 생성하기 위해서 본 발명에 따라 이용될 수 있는 기본적인 플럭스 맵핑 시스템을, 부분적 단면으로 도시하는, 개략적 입면도이다.

도 2는 본 발명의 방법을 실시하기 위한 장치를 구성하기 위한 도 1에 도시된 플럭스 맵핑 시스템에 대한 변경의 개략도이다.

도 3은 본 발명의 표적 홀더 구동 케이블 조립체의 일 실시예의 개략적 절취도이다.

도 3a는 도 3에 도시된 시편 홀더 구동 케이블의 선행 단부 상에 도시된 래치 플러그(latch plug)의

확대도이다.

도 3b는 도 3에 도시된 시편 홀더의 후행 단부의 단부도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 전술한 목적을 달성하기 위해서, 본 발명은, 도 2에 도시된 바와 같이, 도 1과 관련하여 전술한 통상적인 플렉스 맵핑 시스템을 변경한다. 도 2는 검출기 구동 유닛(24), 5개-경로 전달 장치(28), 10개-경로 전달 장치(30) 및 밀봉 테이블(20)을 포함하는 이동 가능 코어-내 검출기 플렉스 맵핑 시스템을, 리미트 스위치, 안전 스위치 및 격리 밸브와 같은 부수적인 구성요소를 제외한 개략적인 형태로 도시한다. 또한, 도 2에는, 플렉스 맵핑 기능을 손상시키지 않으면서, 이동 가능 코어-내 검출기 플렉스 맵핑 시스템을 방사성 동위 원소 대량 생산 설비로 변환하기 위해서, 본 발명에 의해서 이동 가능 코어-내 검출기 플렉스 맵핑 시스템에 도입된 변경과 관련된 코어 구성요소가 도시되어 있다. 본 발명에 따라, 검출기 구동 유닛(24)과 구분되고 그와 독립적인, 시편 홀더 케이블 구동 유닛(34)이 제공된다. 시편 홀더 케이블 구동 유닛(34)은, 시편 홀더 구동 케이블(36)의 선행 단부에 장착해제 가능하게 부착된 시편 홀더(48)를 갖는 시편 홀더 구동 케이블(36)을 구동한다. 시편 홀더(48)는 도 3에 도시되어 있고 해당 도면과 관련하여 더 구체적으로 설명될 것이다. 또한, 시편 홀더 케이블 구동 유닛(34) 및 시편 홀더 케이블(36)이 검출기 모터 구동 유닛(24) 및 검출기 구동 케이블(50)과 동일하게 구성될 수 있으나, 다른 구성도 또한 본 발명과 양립될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 시편 홀더 구동 케이블(36)은, 5개-경로 전달 장치(28)에 대해 입력과 통신하는 "Y" 연결부(38)를 통해서 이동 가능 검출기 코어-내 플렉스 맵핑 시스템의 도관 내로 공급된다. 5개-경로 전달 장치의 출력 중 하나가 유사하게 10개-경로 전달 장치(30)로 입력을 공급하고, 그 출력(52) 중 하나는 새로운 3개-경로 전달 장치(40)에 공급한다. 3개-경로 전달 장치의 하나의 출력이 새로운 시편 부착 지점(42)에 공급되고, 여기에서 새로운 시편 홀더 및 시편이 시편 홀더 구동 케이블에 부착될 수 있고; 3개-경로 전달 장치의 제2 출력은, 시편 홀더가 오프로드될 수 있는, 시편 홀더 캐처(specimen holder catcher)에 공급되고; 3개-경로 전달 장치의 제3 출력은 코어에 대한 경로를 제공한다. 5개-경로, 10개-경로 및 3개-경로 전달 장치가 개시되어 있지만, 이러한 장치는 코어 내의 희망 위치에 접근하는데 필요한 만큼 많은 경로를 가질 수 있고, 현재, 코어의 크기에 따라, 5개-경로 및 6개-경로 장치(28) 및 10개-경로 및 15개-경로 장치(30)가 사용되거나 사용이 계획되어 있다.
- [0017] 도 3은 시편 홀더 구동 케이블(36) 및 시편 홀더(48)의 선행 단부를 도시한다. 시편 홀더 구동 케이블(36)은, 시편 홀더 구동 케이블(36)을 플렉스 맵핑 시스템의 도관을 통해서 전진 및 회수하기 위해서 시편 홀더 구동 모터 유닛(34) 내의 구동 기어와 교합되는 나선형 와이어 랩(56)을 갖는다. 시편 홀더 구동 케이블(36)의 선행 단부에, 시편 홀더(48) 상의 암놈형 커플링 구성요소(60)와 피팅되는 원격 동작형 숫놈형 커플링 구성요소(58)가 위치된다. 숫놈형 커플링 구성요소(58)는, 연장 위치로 완전히 활성화될 때 암놈형 커플링 구성요소(60) 내의 환형 홈(64) 내에 피팅되는 원격 동작되는 공압식 래치 플러그(62)를 갖는다. 래치 플러그(62)가, 활성화된 위치에서, 도 3a에 더 구체적으로 도시되어 있고, 공압 유체 공급 채널(70)을 통해서 공급되는 공압이 방출될 때 래치 플러그(62)를 후퇴시키는 언래칭 스프링(66)을 포함한다. 공압 유체는, 도 2에 도시된, 공압 유체 공급 저장용기(46)로부터, 시편 홀더 구동 케이블(36)의 중심을 통해서 연장되는 공압 유체 공급 채널(70)을 통해서 공급된다. 유지 클립(68)은 래치 플러그가 내부에서 이동하는 채널로부터 래치 플러그(62)가 빠지는 것을 방지한다. 시편 홀더(48)는, 조사되는 시편을 수용하는 페이로드 챔버(72) 및 둘 이상의 위치결정 탭(76)을 갖고, 위치결정 탭은 시편 홀더가 시편 홀더 구동 케이블(36)로부터 원격으로 분리될 때, 마찰에 의해서, 시편 홀더를 제 위치에서 유지하기 위해 시편 홀더 하우징(74)의 내부로부터, 시편 홀더 하우징을 통해서, 그리고 시편 홀더(48)가 내부에 삽입되는 연료 조립체 기구 심블의 내부 표면에 대향하여 위쪽으로 연장된다. 위치결정 탭(76)은 완전 연장 위치로 편향되고, 숫놈형 커플링 구성요소가 암놈형 커플링 구성요소(60) 내로 완전히 삽입될 때, 숫놈형 커플링 구성요소(58)에 의해서 회전되어 기구 심블의 측벽과의 접촉으로부터 벗어난다. 위치결정 탭(76)의 단부도가 도 3b에 도시되어 있다. 시편 홀더(48)는 또한, 시편 홀더(48)의 선행 단부의 외측으로 연장되는 조정 가능한 위치결정 케이블(78)을 갖는다. 기구 심블 내의 시편의 희망하는 축방향 위치는 시편을 이동 가능 코어-내 검출기 플렉스 맵핑 시스템 내로 삽입하기 전에 결정되고, 위치결정 케이블(78)의 길이가 조정되고, 그에 따라 시편이 희망 위치에 있을 때, 그 선행 단부는 기구 심블의 폐쇄된 상부 단부에 접경된다.
- [0018] 따라서, 전형적으로 분기(quarter)에 한번씩 실시되는 플렉스 맵 작동들 사이에서, 이동 가능 코어-내 검출기 플렉스 맵핑 시스템은, 플렉스 맵이 작동되는 시간에 심블들의 적어도 50 퍼센트가 점유되지 않는 한, 플렉스 맵핑 시스템에 접근할 수 있는 반응로 코어 내의 기구 심블의 전부 내로 동위 원소를 삽입하고 그로부터 동위 원소를 수확하기 위해서 이용될 수 있다. 플렉스 맵핑 작동에 앞서서, 5개-경로 전달 장치(28)에 대한 소형 검출

기 접근을 제공하기 위해서, 시편 홀더 구동 케이블(36)이 "Y" 연결부(38) 위로 회수되어야 한다. 유사하게, 플럭스 맵핑 작동이 완료되면, 5개-경로 전달 장치(28)에 대한 시편 홀더 구동 케이블(36) 접근을 제공하기 위해서, 소형 검출기가 "Y" 연결부 위로 회수될 필요가 있다. 이동 가능 코어-내 플럭스 맵핑 시스템을 이용하는 전형적인 반응로 설비는 검출기의 4개, 5개, 또는 6개의 평행한, 상호 연결된 트레인을 갖고, 그 검출기 구동 케이블은, 상이한 도관들을 통해서 코어까지 이어지는 한, 동시에 연장될 수 있다. 본 발명에 따라, 검출기 트레인의 각각의 하나는, 코어 내의 상이한 희망 위치들에서 동위 원소를 심도록 개별적으로 프로그래밍된 자체적인 시편 홀더 케이블 구동 유닛을 구비할 수 있다.

[0019]

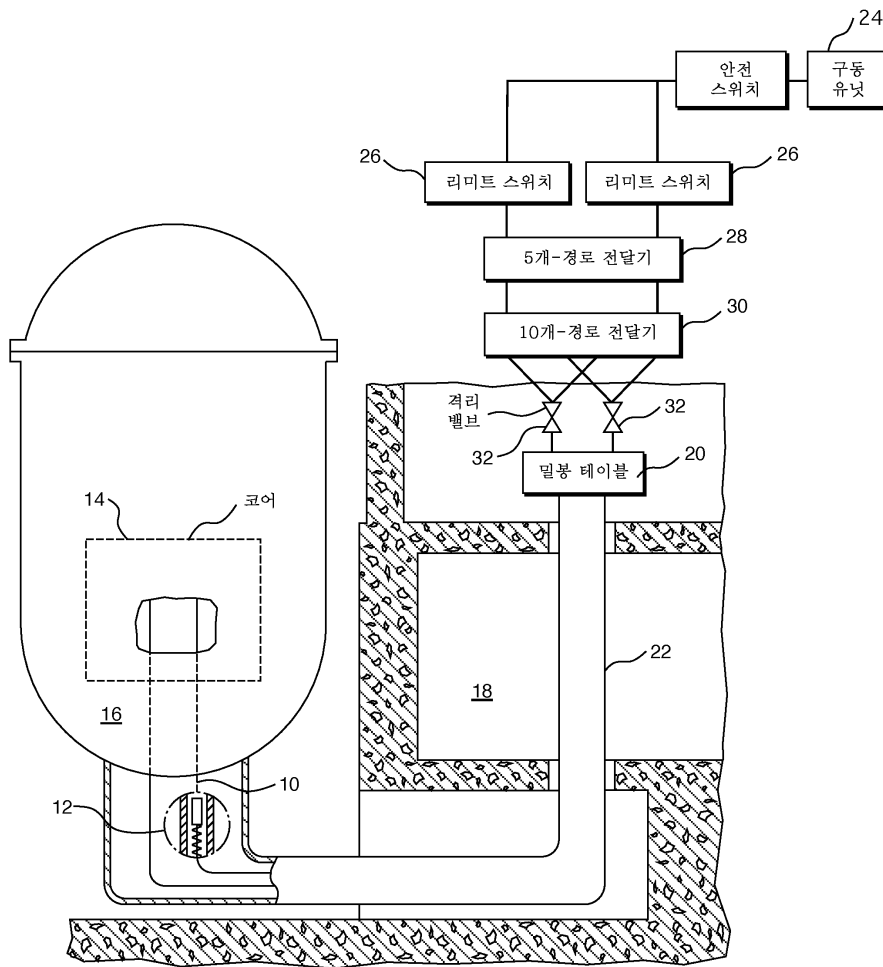
따라서, 본 발명은 기존의 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 및 방법에 대한 변경을 제공하여 이하의 기능을 실시한다: (i) 기존의 다수-경로 루팅 옵션을 통해서 도달할 수 있는 희망하는 반경방향 반응로 코어 위치 내로 시편이 삽입될 수 있게 하는 하나 이상의 검출기 구동 트레인으로부터 기존의 다수-경로 전달 장치에 대한 특별히 구성된 접근로를 통해서 특별히 구성된 시편을 삽입할 수 있게 하는 기능; (ii) 희망 연료 조립체 내의 실제 활성 연료의 상단부에 대한 이동 가능 코어-내 검출기 시스템 기구 심블 내측의 미리 결정된 축방향 위치에서 희망하는 이용 가능 코어 위치 내로 시편이 삽입될 수 있게 하는 기능; (iii) 시편 홀더 구동 케이블이 시편 홀더로부터 분리될 수 있게 하고 시편 홀더 구동 케이블 연결기의 시편 홀더 측의 기계적 피처에 의해서 고정된 반응로 내의 시편의 축방향 위치를 갖는 다수-경로 전달 장치 위의 반응로로부터 회수될 수 있게 하는 기능; (iv) 부착된 다른 시편 홀더 페이로드를 시편 홀더 구동 케이블이 가질 수 있게 하는 위치에 시편 홀더 구동 케이블 단부가 도달할 수 있게 하는 위치를 갖는, (이하에서 하부 경로 선택기로 지칭되는) 기존의 다수-경로 전달 장치의 하류에 위치된, 다른 특별하게 구성된 전달 장치까지, 특정의 기존의 다수-경로 전달 장치 위치 선택을 통해서 시편 홀더 구동 케이블이 삽입될 수 있게 하는 기능; (v) 새로운 시편이 기존의 다수-경로 전달 장치 위로 회수될 있게 하고 이어서 모든 희망 시편이 계획된 대로 반응로 코어 내에 "심어질" 때까지, 전술한 단계 1 내지 4를 반복할 수 있게 하는 기능; (vi) 시편 홀더 구동 케이블이 심어진 시편 위치 내로 삽입될 수 있게 하고, 그에 따라 시편 홀더 구동 케이블 연결기의 교환 부분들이 함께 결합되어 질소와 같은 공압 유체를 이용하여 연결기의 구동 케이블 측의 래칭 플러그가 활성화될 수 있게 하는, 그리고 공압 유체 공급 채널을 가압할 수 있게 하고, 그에 따라 래치 플러그가 연결기의 시편 측에 위치된 래치 채널 내로 삽입되게 하고, 그에 따라 희망하는 조사 레벨의 완료 후에, 시편 홀더가 회수 또는 "수확될" 수 있게 하는 기능; (vii) 수확된 시편이 10개-경로 선택기 장치를 통해서 회수될 수 있게 하는 것으로, 구동 케이블에 대한 시편 홀더 래치가, 인가되는 공압 유체 압력의 감소에 의해서 해제되고, 이어서 하부 경로 선택기 위치를 통해서 삽입되며, 이는, 시편을 프로세싱 설비로 운송하기 위해서 이용되는 방사성 물질 전달 통(cask)의 페이로드 베이 내에 피팅하기 위해서, 시편 페이로드를 갖는 시편 홀더를 코일링하도록 설계된 장치에 의해서 포획될 때까지, 시편 홀더의 삽입을 가능하게 하는, 기능; (viii) 시편 홀더 케이블이 단계 4에서 설명된 바와 같이 위에 위치될 수 있게 하고, 희망에 따라 단계 1 내지 5를 반복할 수 있게 하는 기능; 및 (ix) 희망에 따라 단계 1 내지 8을 반복할 수 있게 하는 기능.

[0020]

본 발명의 특정 실시예를 구체적으로 설명하였지만, 당업자는, 개시 내용의 전체 교시 내용의 검토로부터, 그러한 구체적인 내용에 대한 다양한 변경 및 대안이 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 개시된 특별한 실시예가 단지 예시적인 것임을 의미하고, 첨부된 청구항 그리고 그 임의의 균등물 및 모든 균등물의 전체 범위로 주어지는 본 발명의 범위와 관련하여 비제한적인 것임을 의미한다.

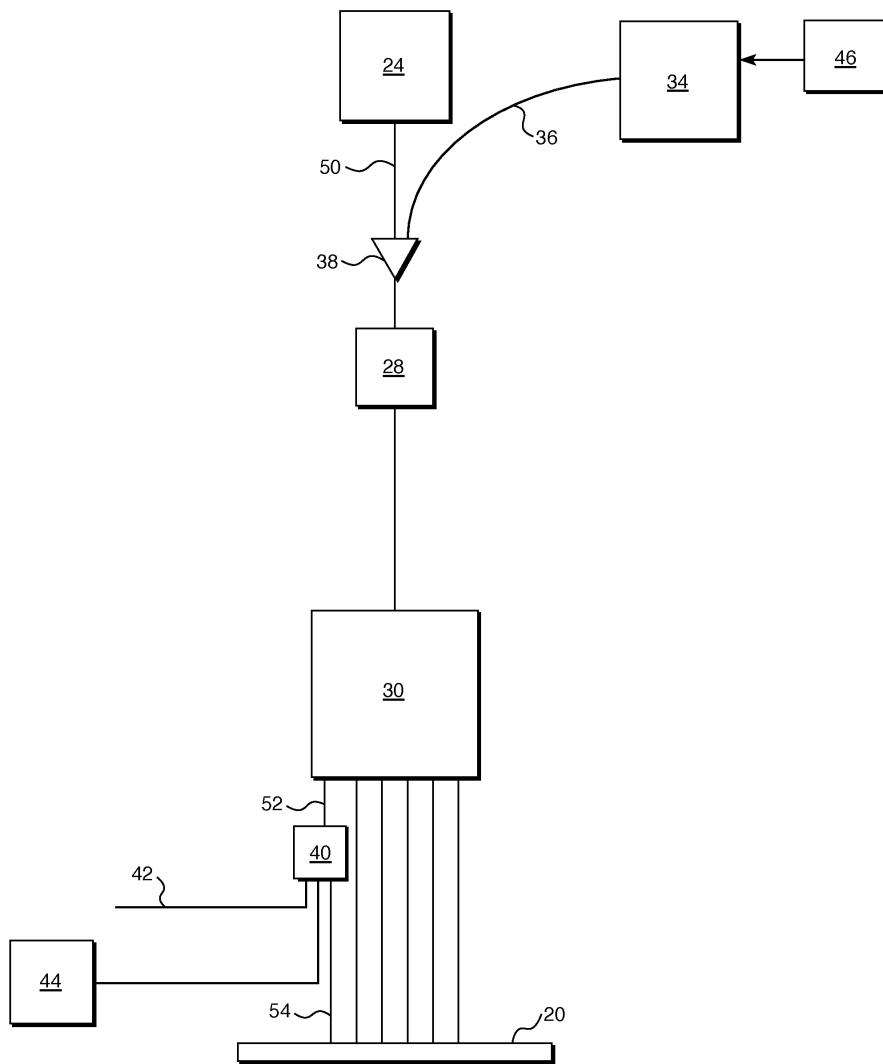
도면

도면1

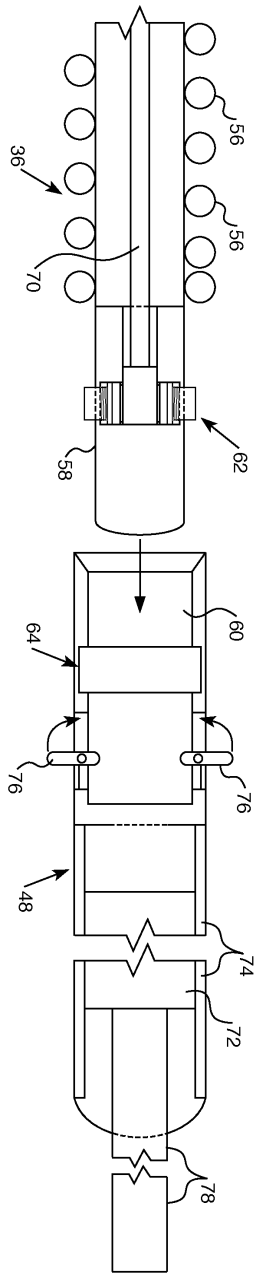


(종래 기술)

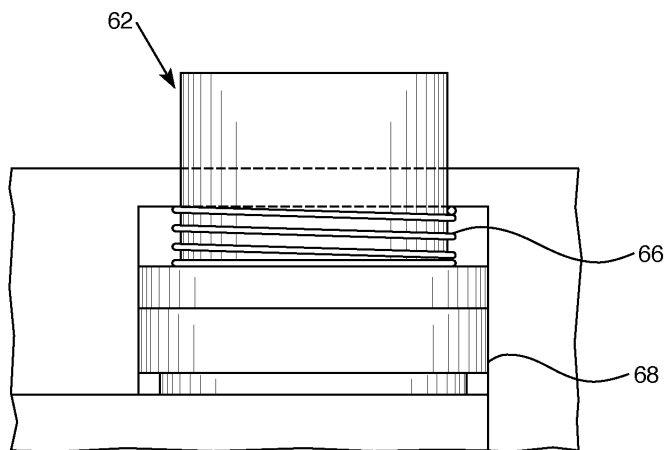
도면2



도면3



도면3a



도면3b

