

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁵
G21C 3/30

(45) 공고일자 1994년05월03일
(11) 공고번호 특1994-0003795

(21) 출원번호	특1986-0003462	(65) 공개번호	특1986-0009433
(22) 출원일자	1986년05월02일	(43) 공개일자	1986년12월22일
(30) 우선권주장	729,602 1985년05월02일 미국(US)		
(71) 출원인	웨스팅하우스 일렉트릭 코오포레이션 제이. 비. 퍼기슨 미합중국 펜실베이니아주 15222, 피츠버어그시, 게이트웨이센타, 웨스팅 하우스빌딩		
(72) 발명자	루시 페시 테일야칸 미합중국 펜실베이니아주 15239, 피츠버어그시, 머레이 코트 21-G		
(74) 대리인	손은진		

심사관 : 김창달 (책자공보 제3616호)

(54) 핵 연료 집합체

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

핵 연료 집합체

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명을 실시하는 BWR 핵 연료 집합체의 부분 절개된 정 단면도.

제2도는 제1도의 선 2-2를 따라 연료 집합체의 확대 하부 평면도.

제3도는 제1도의 선 3-3을 따른 연료 집합체의 확대 하부 평면도.

제4도는 제1도의 선 4-4를 취한 통수에 의해서 소형다발로 분리된 연료봉 다발과, 한 소형다발을 둘러싸는 그리드 및, 나머지 3개 소형다발을 둘러싸는 그리드를 예시하는 연료 집합체의 단면도.

제5도는 제1도의 선 5-5를 취한 통수의 시이트 부재를 상호 연결하는 덤플의 단면과 통수의 외부단부를 부착하는 외부채널 위에 일정하게 유지된 리브를 예시하는 연료 집합체의 단면도.

제6도는 제1도에 예시된 연료 집합체 통수의 부분 절개된 확대 투시도.

제7도는 제6도에 선 7-7을 취한 통수의 확대 단면도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 10 : 연료 집합체 | 12 : 외부 채널 |
| 14 : 상부노즐 | 16 : 하부노즐 |
| 20 : 벽 | 22 : 리브 |
| 26 : 통수 | 28 : 십자형 유동채널 |
| 30 : 부채널 | 32 : 패널 |
| 34 : 시이트 부재 | 36 : 덤플 |
| 40 : 연료봉 | 46 : 연료봉 부집합체 |
| 52 : 입구 클로우저 장치 | 54 : 출구 클로우저 장치 |

58, 64, 68 : 홀

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 일반적으로 원자로에 대한 연료 집합체 관한 것이고, 특히, 비등수형 원자로(BWR)내에 사용하기 위한 연료 집합체에 관한 것이다.

통상적으로, 많은양의 에너지는 원자로내에 핵분열을 통해 방출되며, 에너지는 연장연료소자 또는 원자로의 봉내에서 열로써 분산된다. 열은 통상적으로 연료봉에 대한 열교환으로 냉각재를 통과함으로써 제거되고 그러므로써 냉각재에 전달되는 열은 유용한 작업을 수행할 때 사용되도록 연료봉으로부터 추출된다.

일반적으로 원자로에서, 다수의 연료봉은 연료 집합체를 형성하기 위해서 함께 그룹을 이룬다. 위의 몇 개 연료 집합체는 자활의 핵분열 반응할 수 있는 원자로심을 형성하기 위해서 매트릭스내에 통상적으로 배열된다. 노심은 연료봉으로부터 열을 제거하기 위하여 냉각재 및 중성자 감속재로써 작용하는 경우와 같은 유동 액체에 잠긴다. 특히 BWR에서, 연료 집합체는 통상적으로 4개 클러스터내에서 그룹을 이루고, 하나의 제어봉은 4개 집합체의 각 클러스터와 연결된다. 한 제어봉을 포위하는 4개 연료 집합체의 각 클러스터는 원자로심의 연료 셀로써 언급된다.

클러스터내에 통상적 BWR 연료 집합체는 연장 연료봉의 사각형 배열에 의해서 일반적으로 형성된다. 다발내에 연료봉은 축방향으로 일정한 간격으로 유지되고 직사각형 단면의 외부 관형 채널에 의해서 포위된다. 위의 연료 집합체 실시예는 미합중국 특허 제3,689,358; 3,802,995호와 캐나다 특허 제1,150,423호에서 예시되고 서술된다.

이 형태의 연료 집합체에서, 집합체의 중앙 영역 다발내에 연료봉은 저감속될 수 있고 과농축될 수 있다. 이 영역의 집합체를 통해 감속재 물의 유동을 증가함으로써 이 상태를 보수하기 위해서, 몇 개 장치 가 고안되었다. 위와 관련된 미합중국 특허 제3,802,995호에서, 한 개 이상의 연장된 빈 봉은 중앙영역의 집합체내에 연료봉으로 대체된다. 캐나다 특허 제1,150,423호에서, 수직수형 통로를 가지는 연장되고 중앙으로 배치된 경직된 장치가 사용되고, 반면에 다른 종래 설비는 연장되고 중앙으로 배치된 통수를 사용한다.

통수는 4개의 L형 금속각 또는 연료 집합체의 길이를 따라서 뺀고 일련의 상호 연결된 스페이서 소자에 의해서 일정하게 유지되는 시이트 금속부재에 의해서 형성된 4개 방사상 패널 구조이다. 상호 연결소자는 각 패널의 시이트 부재 사이에 공간이 정확하게 유지되는 것을 확실하게 하기 위해서 함께 용접으로 연결되는 정렬된 접촉쌍을 이루어 거기 사이에 뺀도록 각 패널의 시이트 부재내에 형성된다. 그러므로, 십자형 통수채널을 형성하는 중앙 통수는 연료 집합체의 외부채널 내부를 4개 분리된 연장구획 또는 부채널로 나누고, 그러므로써, 연료봉의 다발을 각 구획내에 배치된 4개 소형다발로 나눈다. 십자형 채널은 소형다발내에 연료봉으로부터 분리된 채널을 통해 부 냉각 중성자-감속수 유동에 대하여 중앙에 배치된 십자형 통로를 제공한다.

연료 집합체내에 연료봉의 소형다발 사이에 수압력 평형을 제공하기 위해서, 종래 설비중의 하나는 위에서 언급된 상호 연결되는 스페이서 소자의 쌍에 의해서 한정된 개구를 통해 인접한 소형다발 사이의 냉각재유동 통신을 제공하였고, 반면에 다른 종래 설비에 있어서, 냉각재 유동통신의 외부채널 및 통수 패널의 방사상 단부를 상호 연결하고 그 사이를 뺀는 외부 종방향 리브내에서 형성되는 개구를 통해 제공될 때 상호 연결되는 덤플은 스페이서로써 사용되었다. 그러나, 두개 실시예에서, 중앙통수를 통해 흐르는 부냉각 감속재와 함께 연료봉 소형다발 내에서 유동되는 비등에 가까운 냉각재의 혼합을 막는 것이 필요하다.

위에서 언급된 설비가 연료봉의 소형다발 사이에 바람직한 수압력 평형을 확실하게 하는 반면에, 다른 문제점이 알려지게 되었고, 그것이 만일 보수되지 않는다면, 그것은 집합체의 연료봉 다발과 통수의 구조 전체를 손상되게 영향을 끼칠 수 있다. 이 문제점은 연료봉 다발을 따른 어떤 축영역내에 부적당한 임계 열유속(CHF) 한계에 관한 것이고, 높은 정압부하 발생은 통수내에서 덤플 용접 파괴를 일으킬 수 있다.

CHF 문제점에 있어서, 가열된 표면을 냉각하는 액막이 드라이 통로를 남기도록 건조될 때 CHF가 발생하는 것은 일반적으로 알려졌다. BWR 동작 상태하에서, 드라이 가열된 표면위치는 연료 집합체의 가열된 영역의 출구에 대한 위치를 아마 발생할 듯하다.

BWR 연료 집합체의 구조 및 수압식 문제에 있어서, 통상적으로 통수 입구는 약 9에서 10퍼센트의 전체 다발 냉각재 유동이 통수에 들어가도록 유동제한으로써 설계된다. 그러나, 통수의 출구에서 어떤 유동 제한이 없으므로, 가장 큰 평균 응력(소형다발과 통수 사이의 정압차)은 통수의 입구 영역에서 발생한다. 그래서, 피로-부하로 유도된 파괴 가능성을 통수의 입구 영역내에서 가장 크다. 사실상 통수 패널을 함께 유지하는 덤플 용접 파괴는 시험중에 입구에서 발생되었다.

예를 들면, 하나의 종래 통수 디자인은 직경이 약 3.5mm의 입구 홀을 가지고 반면에 통수의 출구에서 어떤 제한도 가지지 않는다. 동작중에 발생하는 클러드 증강은 입구홀의 유동 단면적을 감소시킬 수 있고, 작은 유동-영역 감소는 오리피스(수압손실)되었을 때 실제의 증가를 유도할 수 있고, 다음으로, 입구에서 더 큰 압력 손실에 이르게 될 것이다. 그래서 더 적은 냉각재는 통수에 들어갈 것이고, 그러므로써 정압부하가 증가되는 것은 물론 감속재 비등 가능성을 발생시킬 것이다. 즉, 소형다발과 통수 사이에 유동 정압차는 증가할 것이고 그러므로써 그 상태는 더욱 더 악화될 것이다. 지금까지, 소형다발내에 유동압력은 연료 집합체를 따라서 모든 축 위치에서 통수내에 유동압력을 증가하였다. 그러므로, 만일 어떤 위치에서, 피로 부하 또는 어떤 다른 메커니즘이 덤플 용접 파괴를 발생시킨다면, 유동은 인접한 소형다발 영역으로부터 통수에 들어갈 것이다. 통수에 들어가는 유동비율은 개구의 크기, 압력차 등과 같은 몇 개의 요소에 의존될 수 있으나, 어쨌든 그런 전환은 소형다발내에 유동의 고갈을 야기시키고, 그러므로써 연료봉 냉각의 저하작용 및 CHF 한계내에 감소에 이르게 될 것

다. 위의 상태 결과는 바람직하지 않은 동작상 불편을 뜻할 수 있다.

본 발명의 주요목적은 이런 문제점을 약화시키는 것이고, 따라서 본 발명은 병행하게 배치된 연장된 연료봉의 배열, 채널을 통해 냉각재/감속재 유체를 지시하기 위하여 상기 배열의 연료봉을 둘러싸는 외부 유동채널과, 외부 유동채널내에 축 방향으로 뻗어 배치되며, 통수의 종방향 중앙축으로부터 방사상으로 뻗고 외부 유동채널의 내부를 종방향 부-채널로 분리되는 다수의 공통 패널을 포함하는 공동통수로 구성되는 핵연료 집합체에 있어서, 각 부-채널은 상기 배열내에서 소수의 연료봉으로 구성되는 연료봉 부집합체를 포함하여, 각 상기 공동 패널은 패널의 방사상 외부단부에서 시이트 부재에 대해 연결되고 통수를 통해 뻗고, 통수의 대향단부에서 입구 및 출구를 가지는 십자형 냉각재/감속재 유동채널을 한정하도록 각 인접한 패널의 인접 시이트 부재에 대해 패널의 방사상 내부 단부에서 연결되는 한쌍의 실재로 평행한 간격을 가지는 시이트 부재에 의해서 형성되며, 십자형 유동채널의 상기 출구는 통수의 상기 입구 및 출구 사이의 수압 손실을 분배하기 위해서 상기 입구의 개구 유동 단면적보다 더 적은 개구 유동 단면적을 가지는 것을 특징으로 한다.

위에서 한정된 특성 장치는 통수내에 정압하를 감소시키고, 피로 파괴 가능성을 크게 감소시킨다. 반면에, 종래에, 수압 손실은 통수 입구에서 실제로 발생되었고, 본 발명을 실시하는 통수내에서 입구 유동 영역은 출구 유동 영역보다 더 크다. 예를 들면, 입구 유동 영역은 약 3cm^2 이고 출구 유동 영역은 약 2.25cm^2 이며, 이것은 각각 약 0.53cm 와 0.45cm 의 홀 지경 크기에 기본을 둔다. 이 유동 영역 크기와 더불어, 클러드 증강으로 인한 작은 영역 감소율은 수압 손실 계수에 대한 작은 영향을 갖는다.

위의 장치로부터 유도된 다른 장점은 통수의 입구로부터 축방향으로 약 1미터 쯤에서, 평균-응력 방향이 역이 된다. 즉, 통수내에 유체 압력은 소형-다발내에 유체 압력보다 더 크며, 이런 상태는 높은 입구 수압손실(또는 오피리스)을 가지는 종래 통수의 전체 길이를 통해 결코 발생되지 않는다. 그러므로, 만일 어떤 덤플 용접이 평균-응력 방향이 역으로 발생하는 지점의 이상 위치에서 파괴된다면, 통수로부터 유체는 전혀 방향을 주지 않는 소형-다발내에 전환될 수 있다.

사실상, 소형-다발을 포함한 영역내에 비등에 가까운 냉각재를 전환하고 혼합하도록 통수내에 일부 냉각기 액체를 제공하는 것은 장점에 이르는 것임을 알 수 있다.

따라서, 본 발명을 실시하는 연료 집합체에 있어서, 통수를 통해 십자형 유동채널 출구의 개구 유동 단면적은 외부 유동채널 내에서 각 부-채널을 통해 냉각재/감속재 유동에 관하여 십자형 유동채널을 통해 냉각재/감속재 유동내에서 양의 압력 기울기를 유지하기 위해서 십자형 유동채널 입구의 개구 유동 단면적보다 충분히 더 적고 십자형 유동채널을 한정하는 시이트 부재는 십자형 유동채널내에 일부의 냉각재/감속재가 통수의 입구 단부에서보다 출구 단부의 더 가까운 위치에서 부-채널로 통과하는 것이 가능하도록 출구와 같은 장치가 제공된다.

통수로부터 일부 냉각기 액체를 CHF 한계가 보통 가장 낮은, 출구 단부 가까이 연료 집합체의 외부 채널으로 전환하는 장치는 그것이 CHF 한계를 상당히 증가시키고, 주어진 출력 프로파일에 따른 계산이 나타내는 것처럼, CHF 내에서 10에서 20%로 증가되는 한 매우 유리함을 알 수 있다.

본 발명의 양호한 실시에는 첨부 도면에 관한 보기에 의해서 서술될 것이다.

다음 서술에 있어서, 동일한 참고기호는 몇 개의 도면을 통해 유사하거나 또는 대응하는 부품을 나타내고 "앞쪽", "뒤쪽", "왼쪽", "오른쪽", "위쪽", "아래쪽"과 같은 용어 등은 제한된 용어로서 해석되지 않는 편리한 용어로서 사용된다.

특히 제1도에서 제3도를 참조하면, 비동수형 원자로(BWR)에 대한 일반적으로 10으로 표시되는 핵 연료 집합체가 예시된다. 연료 집합체(10)는 연료 집합체(10)의 전 길이를 따라 뻗고 하부노즐(또는 하부 베이스)(16)과 더불어 상부노즐(또는 상부 지지 고정구)(14)을 연결시키는 연장 외부관형 유동 채널(12)을 포함한다. 연료 집합체(10)의 외부채널(12)내에 냉각재 유동에 대한 입구로서 작용하는 하부노즐(16)은 예를 들면, 사용후 연료 푸울의 원자로심 지지판(도시되지 않음) 또는 연료저장 랙 내에서 연료 집합체(10)와 하부노즐(16)을 안내하기 위한 다수의 다리(18)를 포함한다.

일반적으로 직사각형 단면을 가진 외부 유동채널(12)(제4도 및 제5도를 참조)은 4개 상호 연결된 수직 벽(20)으로 구성되고 각 수직벽은 그 다음으로부터 약 90도로 배치된다. 중심 위치에서 수직 열로 뻗고, 일정한 간격을 유지하게 형성된 외부 유동채널(12)의 각 벽(20) 내부 표면은 다수의 구조적 리브(22)이다. 외부 유동채널(12)과 거기에 리브(22)는 일반적으로 지르칼로이로써 언급된 지르코늄 합금과 같은 금속 물질로부터 형성된다. 구조적 리브(22)의 상단부 위에서, 외부 유동채널(12)의 벽(20)에 고정된 다수의 위쪽으로 뻗은 부착 스테드(24)는 상부노즐(14)을 채널(12)에 연결하기 위해서 사용된다.

중성자 감속 및 절약을 향상시키기 위해서, 제4도에서 제7도내에 예시된 것처럼 일반적으로 26으로 표시되는 공동 통수는 연료 집합체(10)를 통해 냉각재/감속재 유동에 대하여 오픈 내부 채널(28)을 제공하고 연료 집합체를 4개의 분리된 연장 구획 또는 종방향 서브-채널(30)로 분리하도록 외부 채널(12)을 통해 축방향으로 뻗는다. 통수(26)는 일반적으로 채널(12)의 전체 길이를 따라 뻗고 상호 연결되고 각 패널(32)의 시이트 부재(34)내에 형성된 덤플(36) 형태의 일련의 소자에 의해서 일정한 간격으로 유지되고 거기 사이에 뻗은 4개의 연장된 L형 금속 각 또는 시이트 부재(34)에 의해서 형성된 다수의 4개 방사상 패널(32)을 가진다. 덤플(36)은 시이트 부재(34)의 축방향 길이를 따라 수직 역내에 배치된다. 양호하게, 각 시이트 부재(34)내에서 덤플(36)은 적절한 간격으로 부재의 접합 부분을 유지하기 위해서 시이트 부재의 길이를 따라서 서로 접촉하는 대향 덤플쌍을 제공하도록 인접한 시이트 부재(34)(제6도 및 제7도)내에서 대응덤플(36)과 축방향 및 수직 방향으로 정렬된다. 접촉 덤플(36) 쌍은 중앙 통수(26)의 패널(32)을 형성하는 시이트 부재(34) 사이의 공간이 정확하게 유지되는 것을 확실하게 하기 위해서 용접에 의해서 함께 연결된다.

공동통수(26)는 외부 채널(12)의 각을 갖게 배치된 벽(20) 위에 설치된다. 양호하게, 통수(26) 패널

(32)의 외부 연장된 축단부는 연료 집합체(10)내에서 통수의 중앙 위치내에 통수(26)를 고정되게 유지하기 위해서 패널의 길이를 따라 구조적 리브(22)에 용접된다. 패널은 공동 통수(26)의 축 길이에 뺀 십자형 채널(28)을 한정한다.

외부 채널(12)내에 배치되는 것은 8×8 배열을 이루는 64개 연료봉(40) 다발이다. 연료봉 다발은 통수(26)에 의해서 4개 소형-다발로 나뉜다. 각 소형다발의 연료봉은 4×4 배열내에 16개 봉을 가지고 상부 타이판(42)과 하부 타이판(44) 사이에 일정하게 간격지어져 축방향으로 뺀고 타이판에 동시에 연결된다. 각 소형다발의 연료봉(40)은 채널(12)의 각 구획(30) 내에 분리된 연료봉 부집합체(46)를 포함한다. 각 연료봉 부집합체(46)의 연료봉(40)을 따라서 축방향으로 일정하게 간격을 가지는 다수의 그리드(48)는 그리드의 축방향으로 일정한 간격을 가지는 연료봉을 유지한다. 냉각재 유동 통로와 유동 통신은 집합체의 길이를 따라서 각 구조적 리브(22) 사이에 형성된 다수의 개구(50)에 의해서 연료 집합체(10)의 각각 분리된 구획(30)내에서 연료봉 부집합체(46) 사이에 제공된다. 개구(50)를 통한 냉각재 유동은 4개 분리된 구획(30) 사이의 수압력을 동일하도록 작용하고, 그것에 의해서 분리된 연료봉 부집합체(46) 사이의 열 유체 역학불안정 가능성을 최소화하게 된다.

BWR 연료 집합체(10)의 위에서 서술된 기본소자는 종래 기술에서 알려졌고 이 기술분야에 숙련된 사람들이 본 발명의 설명을 이해하도록 여기내에서 충분히 시술되었다.

[구조 및 수압 특성에 대한 장치]

제4도에서 제7도를 참조하면, 구조 및 수압특성을 제공하기 위해서 통수(26)내에 연결된 장치는 일반적으로 52와 54로 표시되고 통수의 시이트 부재(34)의 하부 및 상부 단부와 각각 연결된 하부 및 상부 클로우저 장치를 포함한다. 상부 클로우저 장치(54)는 하부 클로우저 장치(52)에 의해서 제한되는 것처럼 통수(26)의 입구 오우픈 면적보다 더 작은 통수의 출구 오우픈 면적을 제한한다. 이 방법으로, 통수(26)내에서 발생하는 수압 손실량은 양의 압력변화가 외부 유동채널(12)내에서 연료봉 부집합체를 통해 냉각재/감속재 유동에 관하여 십자형 유동채널(28)을 통해 부 냉각 감속재 유동내에서 유지되는 것과 같이 통수(26)의 입구와 출구 사이에 분포된다.

특히, 통수의 입구에서 통수(26)의 시이트 부재(34) 사이에 비치된 하부 클로우저 장치(52)는 통수(26)의 내부 유동채널(28)과 통신하는 다수의 짧은 관(60)(제6도 참고)에 의해서 하부 클로우저 장치내에 한정되는 다수의 홀(58)을 가지는 판 또는 관통된 스트랩 형태를 취한다. 유사하게, 통수(26)의 출구에서 통수(26)의 시이트 부재(34) 사이에 배치된 상부 클로우저 장치(54)는 통수(26)의 내부 유동채널(28)과 통신하는 다른 다수의 짧은 관(66)에 의해서 상부 클로우저내에 한정되는 다수의 홀(64)을 가지는 판(62) 또는 관통된 스트랩 형태를 취한다. 상부 관통된 판(62)내에서 상부 홀(64)의 지정된 직경 크기는 하부 관통된 판(56)내에서 각 하부홀(58)의 지정된 직경보다 더 작다. 하부 및 상부 홀(58,64) 사이의 위와 같은 관계는 통수의 입구에서보다 출구에서 행해진 더 큰 손실이 입구에서 정압 부하 및 통수(26)의 시이트 부재쌍을 상호 연결하는 댐플 용접의 파괴 위험을 감소시키도록 수압 손실을 분배한다.

[CHF 특성에 대한 장치]

제6도와 제7도에 예시된 것처럼, CHF 특성을 제공하는 통수(26)내에 연결된 장치는 연료봉 부집합체의 하부 타이판(44)에서 하부 입구 단부보다 연료봉 부집합체의 상부 타이판(42)에서 상부 출구 단부와 더 가까운 통수의 시이트 부재(34)내에 한정되는 일련의 홀(68) 형태 장치를 포함한다. 이 홀(68)은 통수(26)내에 내부 유동채널(28)로부터 연료봉(40)을 포위하는 외부 유동채널(12)까지 약간의 부 냉각 감속재 유동 공급을 허용한다. 드라이 표면이 발생할 수 있고 그러므로써 CHF 특성이 통수 채널(28)로부터 부 냉각 감속재 유통을 추가함에 의해서 바람직하게 개선될 수 있는 곳은 연료봉 부집합체(46)의 상부 영역이다.

특히, 홀(68)이 통수(26)의 각 시이트 부재(34)내에서 한정되고 통수를 따라서 동일 축 높이에서 실제로 정렬되는 것은 각 부집합체(46)의 하부로부터 위쪽으로 스페이서 그리드(48)중에서 약 5번째이다. 역시, 통수 패널(32) 중의 하나를 형성하는 시이트 부재(34)의 각각 쌍내에 홀(68)은 서로와 정렬된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

병행하게 배치된 연장 연료봉의 배열과, 채널을 통해 냉각재/감속재 유체를 지시하기 위하여 상기 배열의 연료봉을 둘러싸는 외부 유동채널과, 외부 유동채널내에 축방향으로 뺀어 배치되며, 통수의 종방향 중앙축으로부터 방사상으로 뺀고 외부 유동채널의 내부를 종방향 부-채널로 분리되는 다수의 공동 패널을 포함하는 공동통수로 구성되는 핵 연료 집합체에 있어서, 각 부-채널은 상기 배열내에서 소수의 연료봉으로 구성되는 연료봉 부집합체를 포함하며, 각 상기 공동 패널은 패널의 방사상 외부 단부에서 시이트 부재에 대해 연결되고 통수를 통해 뺀고, 통수의 대향단부에서 입구 및 출구를 가지는 십자형 냉각재/감속재 유동 채널을 한정하도록 각각의 인접한 패널의 인접 시이트 부재에 대해 패널의 방사상 내부 단부에서 연결되는 한쌍의 평행한 간격을 가지는 사이트 부재에 의해서 형성되며, 십자형 유동채널(28)의 상기 출구는 통수의 상기 입구 및 출구 사이의 수력 손실을 분배하기 위해서 상기 입구의 개구 유동 단면적보다 더 적은 개구 유동 단면적을 가지는 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 통수(26)는 십자형 유동채널과 통신하는 다수의 홀(64)을 출구 클로우저 장치를 통해 형성되었고 상기 십자형 유동채널(28)의 출구를 대체로 폐쇄하는 출구 클로우저 장치(54)를 포함하는 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 통수(26)는 십자형 유동채널(26)과 통신하는 다수의 홀(58)을 입구 클로우저 장치(52)를 통해 형성되었고 상기 십자형 유동채널(28)의 입구를 대체로 폐쇄하는 입구 클로우저 장치(52)를 포함하며, 상기 출구 클로우저 장치(54)내에 홀(64)은 상기 입구 클로우저 장치(54)내에 홀(58)의 유동전체 단면적보다 더 작은 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

청구항 4

제3항에 있어서, 입구 및 출구 클로우저 장치(52,54)는 통수(26)의 입구 및 출구 단부에 인접한 상기 시이트 부재(34) 사이의 공간을 연결하는 관통된 판(56, 62)을 포함하는 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

청구항 5

제1항, 2항, 3항 또는 4항에 있어서, 상기 출구의 개구 유동 단면적은 상기 외부 유동채널(12)내에 각각의 부-채널(30)을 통해 냉각재/감속재 유동에 관해 통수(26)내에 십자형 유동채널(28)을 통해 냉각재/감속재 유동내에서 양의 압력 기울기를 유지하도록 상기 입구의 개구 유동 단면적보다 충분히 더 작은 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

청구항 6

제5항에 있어서, 십자형 유동채널(23)을 한정하는 상기 시이트 부재(34)는 십자형 유동채널내에 일부 냉각재/감속재가 통수(26) 입구 단부보다 출구에 더 가까운 위치에서 상기 부-채널(30)으로 통과를 가능하게 하기 위한 장치(68)를 시이트 부재내에 형성하는 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

청구항 7

제6항에 있어서, 각 상기 부-채널(30)내에 연료-봉 부집합체(46)는 연료-봉 부집합체의 종방향으로 일정한 간격으로 유지되고 거기내에 연료봉을 축방향으로 지지하는 다수의 지지 그리드(48)를 포함하며, 상기 위치는 통수(26)의 출구에 가장 가까운 지지 그리드에 인접하는 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

청구항 8

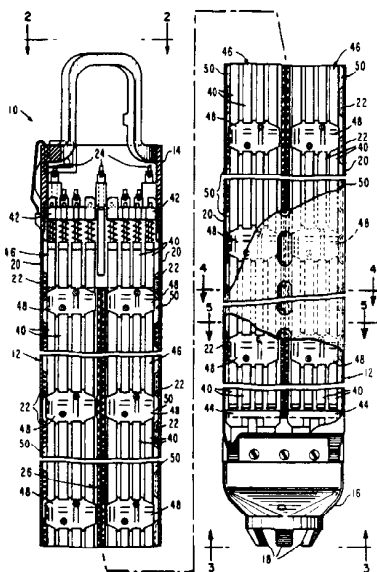
제6항 또는 제7항에 있어서, 일부 냉각재/감속재가 외부 유동채널(12)의 상기 부-채널(30)내에 십자형 유동채널로부터 통과를 가능케하기 위한 상기 장치(68)는 통수(26)의 시이트 부재내에 형성된 홀(68)이 되는 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

청구항 9

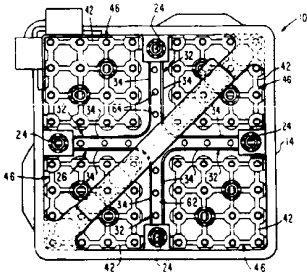
제8항에 있어서, 상기 홀(68)은 대체로 상기 통수(26)의 입구 및 출구 단부 사이의 동일 레벨에서 서로 정렬되는 것을 특징으로 하는 핵 연료 집합체.

도면

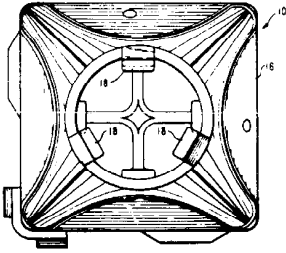
도면1



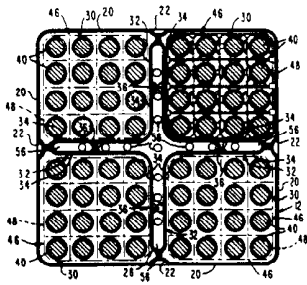
도면2



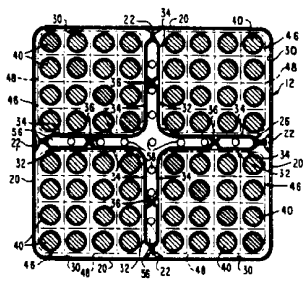
도면3



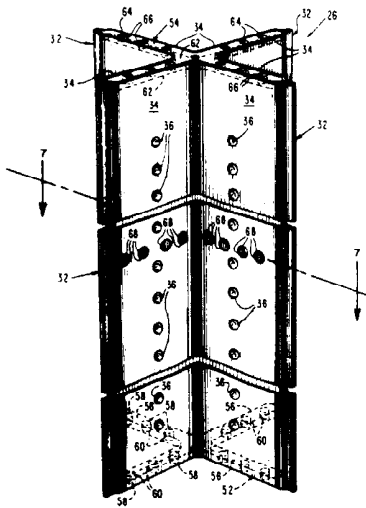
도면4



도면5



도면6



도면7

