

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁷
G21C 15/18

(45) 공고일자 2005년11월03일
(11) 등록번호 10-0525708
(24) 등록일자 2005년10월26일

(21) 출원번호 10-2003-0016915
(22) 출원일자 2003년03월18일

(65) 공개번호 10-2004-0082223
(43) 공개일자 2004년09월24일

(73) 특허권자 한국원자력연구소
대전 유성구 덕진동 150번지

(72) 발명자 권태순
대전광역시서구정림동우성아파트127-101호

송철화
대전광역시서구둔산1동크로바아파트117-305호

주인철
대전광역시유성구도룡동공동관리아파트9-105호

박종균
대전광역시대덕구송촌동선비마을아파트308-1804호

(74) 대리인 이원희

심사관 : 김용훈

(54) 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판을 구비한가압경수로형 원자로

요약

본 발명은 비상노심냉각수 직접주입방식의 가압경수로에 관한 것으로서, 저온관 파단에 의한 대형냉각수상실사고시에 주입되는 비상노심냉각수가 파단면을 통해 우회배출되는 것을 감소시켜 원자로의 안전을 보장하기 위해, 비상노심냉각수 주입관과 마주보는 노심베럴의 외주면에 부착되는 것으로서, 수직으로 분사되는 비상노심냉각수 물기등을 좌우로 양분하여 접선방향의 속도성분을 갖도록 유도하는 접선형 수직판과, 비상노심냉각수가 상부로 솟아오르면서 발생하는 수막의 되말림 이탈현상을 차단하고 수막이 중력 방향으로 확장되는 것을 방지하여 수평속도성분을 증대시키는 접선형 수직판 상·하부의 상부베플 및 하부베플과, 상부베플과 하부베플 사이에 위치하여 수평속도성분의 균일도를 향상시키는 보조베플을 포함하는 비상노심냉각수 양방향 수평분리판을 구비하여, 상대적으로 증기속도가 작으며 우회배출 비율이 적은 고온관 후류 지역으로 비상노심냉각수를 유도함으로써 저온관 파단에 따른 대형냉각수상실사고시에 다량의 비상노심냉각수를 노심에 도달할 수 있게 되어 최대 핵연료피복관 온도를 저하시키고 노심의 재가열을 방지를 통한 안전성 확보가 가능한 가압경수로형 원자로를 제공한다.

대표도

도 6b

색인어

비상노심냉각수, 상부베플, 노심베럴, 접선형 수직관, 수평형 수막

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래기술에 따른 비상노심냉각수 저온관 주입방식의 가압경수로형 원자로의 평단면 및 종단면구조를 개략적으로 도시한 개념도,

도 2는 종래기술에 따른 직접주입방식의 가압경수로형 원자로의 평단면 및 종단면구조를 개략적으로 도시한 개념도,

도 3은 도 2의 직접주입방식 가압경수로형 원자로에 형성되는 비상노심냉각수의 유동형태를 도시한 도면으로서,

도 3a는 노심베럴의 외주면에 형성되는 비상노심냉각수의 수막형태를 정면에서 도시한 개념도이고,

도 3b는 도 3a와 다른 각도에서 비상노심냉각수의 수막형태를 측면에서 도시한 개념도,

도 4는 도 2의 직접주입방식 가압경수로형 원자로의 파단 저온관 주변에서의 비상노심냉각수 수막형태와 강수부 유동특성을 전개된 형태로 중첩시켜 도시한 도면,

도 5는 도 2의 직접주입방식 가압경수로형 원자로에서 비상노심냉각수의 수막퍼짐방향을 도시한 개념도.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 비상노심냉각수 양방향 수평 분리관의 구조를 도시한 도면으로서,

도 6a는 분해사시도이고,

도 6b는 조립 및 부착상태 사시도,

도 7은 도 6의 비상노심냉각수 양방향 수평 분리관을 다양한 방향에서 도시한 도면으로서,

도 7a는 정면도이고,

도 7b는 평면도이며,

도 7c는 측면도,

도 8은 본 발명에 따른 비상노심냉각수 양방향 수평분리관을 같은 가압경수로형 원자로에서 비상노심냉각수의 수막퍼짐방향을 도시한 개념도.

도 9는 본 발명에 따른 직접주입방식 가압경수로형 원자로에 형성되는 비상노심냉각수의 수막형태를 정면에서 도시한 개념도,

도 10은 본 발명에 따른 직접주입방식 가압경수로형 원자로의 파단 저온관 주변에서의 비상노심냉각수 수막형태와 강수부 유동특성을 전개된 형태로 중첩시켜 도시한 도면.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

5: 압력용기 7: 노심

10: 노심베럴 15: 저온관

20: 강수부 25: 고온관

30: 비상노심냉각수주입관

50: 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판

55: 접전형 수직판 60: 상판

61, 66: 노치 65: 하판

70: 보조베플 80: 상부베플

90: 하부베플 100: 원자로용기

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 가압경수로형 원자로의 비상냉각시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 비상노심냉각수(Emergency Core Cooling Water)를 원자로용기의 강수부에 직접주입하는 방식의 가압경수로형 원자로에서 저온관(Cold Leg)파단사고 발생시에 노심베럴(Core Barrel)의 벽면에 부딪히도록 분사되는 비상노심냉각수를 좌우 양방향으로 분리시켜 사고로 형성된 파단면을 통한 비상노심냉각수의 우회배출 비율을 감소시킴으로써 많은 양의 냉각수가 노심까지 도달되도록 하는 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판을 구비한 가압경수로형 원자로에 관한 것이다.

도 1에 도시한 바와 같이, 일반적으로, 가압경수로형 원자로는 외부의 압력용기(5)와, 압력용기(5) 보다 작은 직경으로 형성되어 압력용기의 중심에 설치되는 노심베럴(10)로 구성되는 원자로용기(100)를 포함한다. 노심베럴(10)의 내부에는 핵연료봉이 장입되는 노심(Core)(7)이 위치하며, 노심베럴(10)과 압력용기(5) 사이에는 직경차이에 의한 고리형상의 공간인 강수부(20)가 형성된다. 그리고, 압력용기(5)에 연결되어 냉각수의 순환통로가 되는 다수의 저온관(15)과, 저온관(15)을 통해 유입되어 강수부(20)와 노심(7)을 지나면서 가열된 냉각수가 증기발생기쪽으로 흐르도록 노심베럴(10)에 연결되는 고온관(Hot Leg)(25)을 포함한 구성으로 이루어진다.

이와 같은 가압경수로형 원자로는 고방사능물질인 핵연료를 에너지원으로 운전되는 시설로서, 사고시 많은 인명피해를 수반하는 대형참사로 이어질 수 있는 가능성이 있음에 따라 안전성을 확보하고자 설계에서 부터 건설 및 운전에 이르기까지 단계별로 매우 엄격한 안전기준을 통과해야만 한다.

안전기준과 관련한 일 예로서, 종래 가압경수로형 원자로에 채택되고 있는 원자로 냉각계에 대한 성능 및 안전성 검증은, 원자로의 설계인증시 및 한국안전기술원(KINS)과 같은 기관의 원자로 설계 및 건설 인허가 심사평가시에 기준으로 채택되고 있는 바와 같이, 사고시 가장 높은 핵연료 피복재온도를 보이는 저온관 양단 순시 파단사고(Double Ended Guillotine Break)에 따른 대형냉각재상실사고(LBLOCA; Large Break Loss-of-Coolant Accident)를 기준으로 평가된다. 여기서, 주요 평가기준은 사고시 최대 핵연료 피복재온도가 규제치보다 낮게 유지되는지 여부와, 노심의 냉각상태가 유지되는지 여부이다.

이와 같은 기준을 만족시키기 위해, 가압경수로형 원자로는 비상노심냉각수를 주입하기 위한 비상노심냉각수주입관(30)을 구비하여, 저온관(15)이 파단되어 저온관(15)을 통해 공급되는 냉각수가 노심에 이르지 못하고 파단면(35)을 통해 냉각계통 밖으로 배출되는 저온관 양단 순시 파단사고와 같은 사고발생에 대비하고 있다.

비상노심냉각수를 주입하는 방식의 일 예로서, 도 1에 도시된 바와 같이, 비상노심냉각수를 저온관(15)에 주입하는 방식(CLI: Cold Leg Injection)이 있다. 이 방식에서는 비상노심냉각수주입관(30)이 저온관(15)에 연결되고, 따라서 저온관 양단 순시 파단사고시에 저온관(15)이 양단으로 완전히 절단됨에 따라 형성되는 파단면(35)을 통해 저온관(15)으로 흐르는 모든 유체가 원자로냉각계통 밖으로 배출된다. 즉, 파단 저온관(15)에 주입되는 비상노심냉각수가 노심(7)의 냉각에 전혀 기여하지 못하고 파단면(35)을 통해 배출되는 비상노심냉각수 유출손실이 발생하는 문제점이 있었다.

상기한 문제점을 개선한 비상노심냉각수 주입 방식의 다른 일 예로서, 도 2에 도시한 바와 같이, 비상노심냉각수를 원자로용기(100)의 강수부(20)에 직접주입하는 방식(DVI:Direct Vessel Injection)이 있다. 즉, 비상노심냉각수를 저온관(15) 대신에 원자로 용기에 직접주입 함으로써 저온관 양단 순시 파단사고시 파단면(35)을 통해 냉각계통 밖으로 유출되었던 비상노심냉각수의 유출손실을 줄일 수 있도록 한 것이다. 대한민국 특허공개 제2001-76548호를 참조하면 이상과 같은 단순 직접주입방식의 가압경수로형 원자로에 관하여 더욱 자세히 알 수 있을 것이다.

그러나, 도 3 및 도 4에 도시한 바와 같이, 압력용기(5)와 노심베럴(10) 사이의 강수부(20)에서 저온관(15)의 파단면(35)으로 배출되는 고속의 증기에 이끌려 우회배출되는 비상노심냉각수의 비율이 증가하는 새로운 문제가 발생하게 된다. 즉, 저온관 주입 방식에서는 차가운 비상노심냉각수가 저온관(15)에 주입되어 증기응축량이 매우 큰 반면에, 원자로용기(100)에 직접주입하는 방식에서는 저온관 증기응축이 거의 발생하지 않으므로 저온관의 증기속도가 저온관 주입방식에서 보다 훨씬 더 빠르게 된다. 따라서, 직접주입방식에서는 원자로용기(100)의 강수부(20)에서 비상노심냉각수가 고속의 증기에 이끌려 파단면(35)으로 우회 배출되는 비상노심냉각수 우회배출(ECC bypass) 비율이 증가하는 새로운 공학적 문제가 발생하게 되는 것이다.

비상노심냉각수 우회비율이 일정수준 이상으로 증가하게 되면 대형냉각재 상실사고(LBLOCA)의 후기 재관수 기간(Late Reflood Phase) 동안에 핵연료 피복체의 최고온도가 증가하고, 노심이 재가열되는 현상이 발생하여 원자로 안전에 심각한 문제를 일으키게 된다. 따라서, 노심(7)이 보다 안전한 냉각상태를 유지하기 위해서는 비상노심냉각수주입관(30) 측에 장착되는 펌프의 용량을 증대시켜 비상노심냉각수 주입유량을 증대시키거나, 비상노심냉각수 우회배출 비율을 감소시키기 위한 기술적 조치가 강구되어야 한다. 그러나, 비상노심냉각수 우회배출 비율을 감소시키지 못하게 된다면, 저온관 주입방식(CLI)에서 직접주입방식(DVI)으로 전환함에 따라 축소시켰던 비상노심냉각수공급용 펌프의 용량을 다시 증대시켜 주입유량을 증대시켜야 하므로 펌프용량 증대에 따른 경제적 손실을 초래하게 된다.

종래, 직접주입방식(DVI)에 관한 실험 및 계산에 의하면, 저온관 양단 순시 파단사고시의 비상노심냉각수 우회배출 비율은 저온관(15)과 비상노심냉각수주입관(30) 사이의 사잇각에 매우 크게 영향을 받으며, 강수부(20)에 연결된 파단되지 않은 건전 저온관(15')과, 파단 저온관(15) 및 고온관(25)등 각 유동영역에 따라 비상노심냉각수의 우회현상이 매우 다양하게 나타난다.

도 3a 및 도 4에 도시한 바와 같이, 파단 저온관(15)에 가까운 유동영역에서는 파단면으로 빨려나가는 유동의 강한 흡입력에 의해 비상노심냉각수가 쉽게 파단면으로 이끌려 배출되지만, 상대적으로 증기속도가 작은지역이나 고온관(25) 뒤의 후류 유동영역(사잇각 0 도와 45 도 사이의 중간지역)에 주입된 비상노심냉각수는 파단면으로 잘 끌려 나가지 않고 오히려 강수부(20) 하부로 침투하려는 경향이 강하게 나타난다.

그럼에도 불구하고, 종래 직접주입방식에서는 상기한 바와 같은 원자로용기(100)의 강수부(20)의 유동특성을 전혀 살리지 못하고 있다. 즉, 비상노심냉각수의 우회현상이 약한 영역에 비상노심냉각수를 주입하지 못하고 단순히 직접주입 함으로써, 강한 흡입력이 작용하는 파단 저온관(15) 근처(사잇각 45도와 75도 구간)에도 비상노심냉각수 수막(A)이 형성되어 우회배출 비율이 증가되었다. 또한, 도 3b에 도시한 바와 같이, 비상노심냉각수주입관(30)을 통해 분사되는 물기둥이 노심베럴(10) 벽면에 수직으로 부딪치게 함으로써 수막(A)이 방사형으로 퍼지게 되며, 이 과정에서 강수부(20)의 상부 방향으로 퍼지는 비상노심냉각수는 중력과 반대방향으로 퍼지면서 운동에너지를 잃고, 결국 수막(A)이 되말리며 노심베럴(10) 벽면으로부터 이탈되어 강수부로 떨어짐에 따라 다량의 액적(Liquid Drop)을 생성된다. 이와 같이 강수부(20)로 떨어지는 액적은 강수부(20)의 강한 증기유동에 휩쓸려 쉽게 파단면으로 배출되어 비상노심냉각수의 우회비율을 증가시키는 요인이 된다.

상기한 바와 같은 요인에 의해, 종래 직접주입방식은 저온관 주입방식의 대안으로 나온 것임에도 불구하고 여전히 비상노심냉각수의 우회배출 비율이 클 수 밖에 없었던 문제점이 있었으며, 따라서 강수부(20)의 고속증기에 비상노심냉각수가 휩쓸려 파단면(35)으로 우회배출되는 비상노심냉각수의 비율을 감소시켜 비상노심냉각수의 상실을 완화하는 것이 최대의 기술적 난제로 남아 있는 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이상과 같은 종래기술의 문제점을 해소하기 위하여 발명한 것으로서,

본 발명의 목적은 원자로용기에 직접주입되는 비상노심냉각수를 고온관 후류지역으로의 유도하여 저온관과 인접한 영역에 수막이 형성되는 것을 방지하고, 수막이 방사형으로 형성됨에 따라 수막의 상부 되말림 이탈현상에 따른 액적의 생성을

방지하여, 저온관 양단 순시 과단사고시에 과단 저온관을 통해 원자로 냉각계통 외부로 우회배출되는 비상노심냉각수의 비율을 감소시킴으로써 결과적으로 강수부를 통해 노심에 전달되는 비상노심냉각수를 증가시켜 핵연료 피복재의 최고온도를 저하시키고 노심의 재가열을 방지하여 원자로의 안전을 보장할 수 있는 개선된 비상노심냉각수 직접주입방식의 가압경수로형 원자로를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

이를 실현하기 위한 본 발명은,

비상노심냉각수를 원자로용기에 직접주입하는 방식의 가압경수로형 원자로에 있어서,

각 비상노심냉각수주입관과 대향하는 위치의 노심베럴 외주면에 각각 부착되는 것으로서, 수직중심선을 기준으로 구분되는 좌우의 두 곡면으로 형성되는 접선형 수직관을 포함하는 다수의 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판을 구비하는 것을 특징으로 하는 가압경수로형 원자로를 제공한다.

상기 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판은 상기 접선형 수직관을 이루는 두 곡면 각각의 상단선 및 하단선에서 곡률중심축을 향해 수평으로 연장되는 한 쌍의 상부베플 및 한 쌍의 하부베플을 포함하는 것을 특징으로 한다.

그리고, 상기 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판은 상기 상부베플 및 상기 하부베플 사이의 위치에서 상기 상부베플 및 하부베플과 평행하게 각 곡면의 곡률중심축으로 연장되는 한 쌍 이상의 보조베플을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 한 쌍의 상부베플 및 상기 한 쌍의 하부베플은 각각 상기 접선형 수직관의 상부 또는 하부를 완전히 덮는 형태로 일체화된 상판 및 하판으로 제공되는 것을 특징으로 한다.

더불어, 상기 상판 및 하판은 각각의 중심부에서 후방으로 트인 뒤틀림 방지용 노치를 갖는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부되는 도면에 의거하여 더욱 상세하게 설명한다. 참고로, 종래기술과 동일한 구성 요소에 대하여 동일한 참조부호를 부여하기로 한다.

본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 직접주입방식의 가압경수로형 원자로는, 도 6에 도시한 바와 같이, 크게 접선형 수직관(55)과, 상판(60) 및 하판(65), 그리고 두 쌍의 보조베플(70)을 포함한 구성으로 이루어지는 다수의 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판(50)을 구비한다.

비상노심냉각수 양방향 수평 분리판(50)은 각 비상노심냉각수주입관(30)과 대향하는 위치의 노심베럴(10) 외주면에 각각 부착되어, 노심베럴(10)을 향해 수직으로 입사되는 비상노심냉각수 물기둥을 좌우 양방향으로 분리하게 되는 것이다.

도 6 및 도 7에 도시한 바와 같이, 접선형 수직관(55)은 노심베럴(10)에 부착된 상태에서 최전방에 위치하는 수직중심선을 기준으로 구분되는 좌우의 두 곡면으로 형성되는 것으로서, 두 곡면이 동일한 곡률을 갖도록 형성되어 좌우대칭형이며, 도 7b에 도시한 바와 같이, 좌우대칭중심선과 비상노심냉각수주입관(30)의 중심선이 일직선상에 정렬되는 것으로서, 노심베럴(10)의 접선방향에 대하여 수직으로 입사되는 비상노심냉각수의 수직속도성분이 완만한 곡선에 의해 접선속도성분으로 전환시키도록 충분히 큰 곡률을 갖도록 형성된다. 접선형 수직관(55)의 좌우측 양단부는 노심베럴(10)의 벽면에 용접으로 결합되며, 구조적으로 열에 의한 수축 및 팽창을 견딜 수 있는 여유를 갖는 구조이다. 또한, 도 7a 및 도 7c에 도시한 바와 같이, 접선형 수직관(55)의 높이는 노심베럴(10)에 부착된 상태에서 접선형 수직관(55)의 상단 및 하단이 각각 마주보는 비상노심냉각수주입관(30)의 상단보다는 높고 하단보다는 낮도록 하되, 중력에 의한 영향을 감안하여 하단측의 차이가 더 크도록 하는 것이 바람직하다.

상판(60) 및 하판(65)은 동일한 형태로 형성되는 것으로서, 각각 접선형 수직관(55)의 상부와 하부를 덮는 형태로 결합된다. 상판(60) 및 하판(65)은 각각 단일판 형태로 형성되지만 접선형 수직관(55)의 상단선 및 하단선을 경계로 전방으로 돌출하는 부분, 즉 접선형 수직관(55)의 두 곡면 각각의 상단선 및 하단선에서 곡률중심축을 향해 수평으로 연장되는 부분에 해당되는 베플(Baffle)을 포함하는 형태로 형성된다. 다시 말해, 입사하는 물기둥이 상하부로 퍼지는 것을 차단하는 위한 것으로서, 단일판으로 형성되는 상판(60)은 좌우 한 쌍의 상부베플(80)을 포함한 형태로 형성되며, 역시 단일판으로 형성되는 하판(65)도 좌우 한 쌍의 하부베플(90)을 포함한 형태로 형성되는 것이다.

또한, 상판(60) 및 하판(65)은 각각의 중심부에서 후방으로 트인 뒤틀림 방지용 노치(Notch)(61)(66)가 형성되어 있으며, 따라서 접선형 수직판(55)과 노심베럴(10)에 둘러싸이는 수직의 공간부에 유체가 자유롭게 출입할 수 있게 되어, 국부적 공간에서 증기팽창과 같은 문제가 야기되어 구조적인 불안정을 초래되는 것을 방지한다. 동시에, 노치(61)(66)의 폭만큼 열수축 또는 열팽창에 대한 여유를 확보하게 되어 뒤틀림(Wrapping)을 방지할 수 있게 된다.

보조베플(70)은 상판(60) 및 하판(65)에 포함된 상부베플(80) 및 하부베플(90)을 보조하여 입사하는 물기둥의 유로전환을 효과적으로 가이드하기 위하여 추가적으로 부착되는 것으로서, 상부베플(80) 및 상기 하부베플(90) 사이의 위치에서 상기 상부베플(80) 및 하부베플(90)과 평행하게 각 곡면의 곡률중심축으로 연장되는 형태로 접선형 수직판(55)에 결합된다. 또한, 도 6에 도시된 바를 참고하면, 총 두 쌍의 보조베플(70)이 상부베플(80)과 하부베플(90) 사이에 결합되어 있으나, 그 수는 변화가 가능한 것이다.

상기 상부베플(80) 및 하부베플(90)과 상기 보조베플(70)은 형태적으로 유사하지만, 입사되는 물기둥에 의해 형성되는 수막이 상하로 퍼지는 것을 차단하고 수평으로 양분하는 주된 역할을 수행하는 상부베플(80) 및 하부베플(90)이 보조베플(70)보다는 넓은 폭을 갖도록 형성되는 것이 바람직하다. 그리고, 보조베플(70)은 상부베플(80)과 하부베플(90) 사이에서 좌우방향으로 양분된 비상노심냉각수주입관(30)으로부터 분사된 물기둥의 수평속도를 보다 균일하게 만드는 기능을 수행하며, 동시에 접선형 수직판(55)를 구조적으로 지지하는 보강재 역할도 수행하게 된다.

이하, 이상과 같은 본 발명에 따른 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판을 구비한 가압경수로형 원자로에서의 냉각수 유동에 관하여 설명한다.

우선, 저온관 양단 순시 파단사고의 발생으로 비상냉각수주입관(30)을 통해 직접주입방식으로 주입되는 비상노심냉각수는 비상냉각수주입관(30)의 출구와 직면하는 전방의 노심베럴(10)에 부착된 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판(50)에 의해 좌우 양방향으로 분리된다. 즉, 비상노심냉각수의 수직속도성분이 접선형 수직판(55)의 완만한 곡면을 따라 접선속도성분으로 전환되어 좌우로 퍼지게 된다.

좀더 상세히 설명하면, 종래기술에 따른 직접주입방식에서 비상노심냉각수주입관(30)으로부터 분사되어 노심베럴(10) 벽면에 부딪쳐 방사형으로 퍼지고 수직 하향 포물선을 그리며 하강하던 수막(도 5 참조)이 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판(50)에 의해 양방향으로 유도되어 노심베럴 벽면을 수평 및 좌우 양측 접선방향으로 퍼지는 형태의 수평형 수막(B)으로 전환되는 것이다(도 6, 도 8 및 도 9 참조).

이와 같이, 접선형 수직판(55)에 의해 비상노심냉각수를 수평 및 좌우 양방향으로 분리시킨 후 선형운동에너지에 따라 수평방향으로 수막이 형성되도록 유도시킨 후 중력에 의해 하강하도록 만들어 파단 저온관(15) 근처에 형성되던 수막을 고온관 부근으로 유도시킨다. 즉, 비상노심냉각수의 강수부(20) 하부 침투경향이 매우 크게 나타나는 고온관 후류 지역으로 비상노심냉각수 수막형성을 유도하면, 노심의 냉각에 기여하지 못하고 파단 저온관(15)의 파단면으로 우회배출되는 비상노심냉각수 비율을 크게 감소시키게 된다.

부연하면, 도 10에 도시한 바와 같이, 종래기술에 따른 직접주입방식의 비상노심냉각수 주입시에 단순 수직형으로 형성되던 수막이 수평형 수막(B)으로 전환됨으로써, 파단저온관(15)과 먼 거리에 위치하여 우회배출 감소 특성이 강한 고온관 후류지역으로(0도 부근)으로 다량의 비상노심냉각수가 유도되어, 상대적으로 파단 저온관(15) 주변영역으로 흐르는 유량이 감소하게 되고, 결과적으로 저온관 파단시 고속증기에 의해 파단면으로 이끌려 나가는 비상노심냉각수의 우회배출 비율이 감소하여 다량의 비상노심냉각수가 강수부 하부를 거쳐 노심(7)에 이르게 되는 것이다.

상기한 바와 같은 유동의 형성과정에서, 상판(60)에 포함된 상부베플(80)은 종래 방사형 수막에서 중력에 역행하는 수막의 상부확장을 차단시켜 운동에너지를 잃고 되말리며 떨어지는 수막이탈현상을 방지하여 액적생성의 원인현상을 차단시켜주는 역할을 수행한다.

그리고, 하판(65)에 포함된 하부베플(90)은 입사된 비상노심냉각수 물기둥이 노심베럴(10) 벽면에 수직으로 부딪칠 때 하부로 확장하는 수막을 차단시켜 노심베럴에 충돌 후 아래 방향으로의 수막형성을 차단시키는 역할을 수행하게 된다. 따라서, 중력의 방향으로 하강하는 유동을 차단하여 유동의 수평속도성분이 증대되어 파단 저온관(15)으로부터 더욱 먼 영역으로 유동을 유도하여, 비상노심냉각수 우회배출 비율을 감소시키는데 기여하게 된다.

또한, 보조베플(70)은 입사하는 비상노심냉각수의 수평속도성분을 더욱 강화시켜 보다 균일하게 좌우로 퍼지도록 만드는 역할을 한다.

정리하면, 비상노심냉각수 직접주입시 수직으로 노심베럴(10)에 분사되는 비상노심주입수를 기본적으로 접선형 수직관(55)을 통해 노심베럴(10)의 수평 및 좌우 접선방향으로 속도벡터의 방향을 부드럽게 전환시키고, 상부와 하부에 위치한 상부베플(80) 및 하부베플(90)에 의해 주입점에서 상하로 퍼지는 수막을 차단시켜 수평속도성분을 증대시킴과 동시에 액적의 생성을 방지하며, 보조베플(70)을 이용하여 수평방향속도를 더욱 증대시킬 뿐 아니라 수평속도방향에 대한 유동의 균일도를 증대시켜, 효과적인 수평형 수막을 형성시킨다.

이에 따라, 본 발명은 종래기술에 따른 비상노심냉각수 직접주입방식의 문제점 이었던 방사형 수막 대신에 좌우로 퍼지는 수평형 수막이 형성되도록 하고, 과단 저온관의 강한 흡입력에 의해 비상노심냉각수가 쉽게 우회배출되는 영역으로 주입되던 비상노심냉각수를 우회배출 경향이 미약한 지역인 고온관 후류 지역으로 유도한다.

결과적으로, 비상노심냉각수가 노심베럴 벽면에 수직으로 부딪침으로써 발생하는 운동에너지(Momentum)의 손실을 줄였으며, 방사형 수막형성시 과단 저온관 영역에 형성되어 쉽게 과단면으로 배출되었던 수막을 증기속도가 상대적으로 작은 고온관 후류 영역으로 유도시켜 비상노심냉각수의 우회비율을 감소시킬 수 있게 된다.

발명의 효과

이상과 같은 본 발명에 따른 비상노심냉각수 양방향 수평 분리관을 구비한 가압경수로형 원자로를 제공함으로써, 저온관 과단에 의한 대형냉각재상실사고시 안전규제기관의 주된 관심사인 최대 핵연료 피복재온도 증가를 억제하고 후기 재관수 기간 동안의 노심 재가열 현상을 방지하여 원자로의 열수력적 안전문제를 해결하고, 동시에 비상노심냉각수 우회비율 증가에 따라 용량을 증가시킬 수 밖에 없는 비상노심냉각수 주입펌프의 용량을 역으로 감소시킬 수 있게되어 경제적 이득을 꾀할 수 있게 된다.

이상에서 본 발명은 특정의 실시예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 첨부된 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도내에서 다양한 변경, 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

비상노심냉각수를 원자로용기에 직접주입하는 방식의 가압경수로형 원자로에 있어서,

각 비상노심냉각수주입관과 대향하는 위치의 노심베럴 외주면에 각각 부착되는 것으로서, 수직중심선을 기준으로 구분되는 좌우의 두 곡면으로 형성되는 접선형 수직관을 포함하는 다수의 비상노심냉각수 양방향 수평 분리관을 구비하는 것을 특징으로 하는 가압경수로형 원자로.

청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 비상노심냉각수 양방향 수평 분리관은 상기 접선형 수직관을 이루는 두 곡면 각각의 상단선 및 하단선에서 곡률중심축을 향해 수평으로 연장되는 한 쌍의 상부베플 및 한 쌍의 하부베플을 포함하는 것을 특징으로 하는 가압경수로형 원자로.

청구항 3.

제 1항에 있어서,

상기 비상노심냉각수 양방향 수평 분리판은 상기 상부베플 및 상기 하부베플 사이의 위치에서 상기 상부베플 및 하부베플과 평행하게 각 곡면의 곡률중심축으로 연장되는 한 쌍 이상의 보조베플을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 가압경수로형 원자로.

청구항 4.

제 2항 또는 제 3항에 있어서,

상기 한 쌍의 상부베플 및 상기 한 쌍의 하부베플은 각각 상기 접선형 수직판의 상부 또는 하부를 완전히 덮는 형태로 일체화된 상판 및 하판으로 제공되는 것을 특징으로 하는 가압경수로형 원자로.

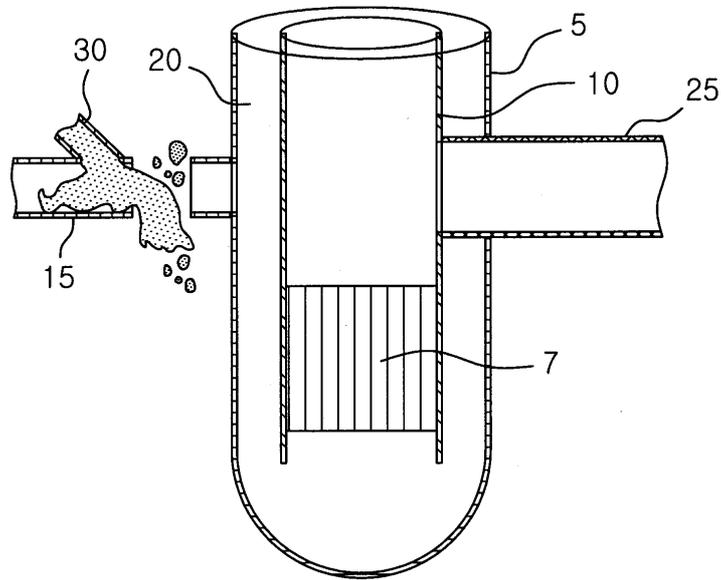
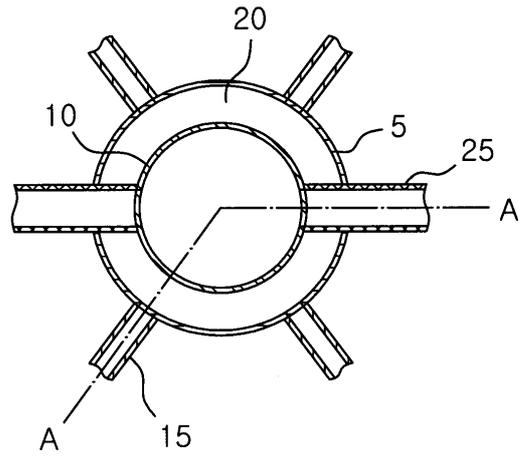
청구항 5.

제 4항에 있어서,

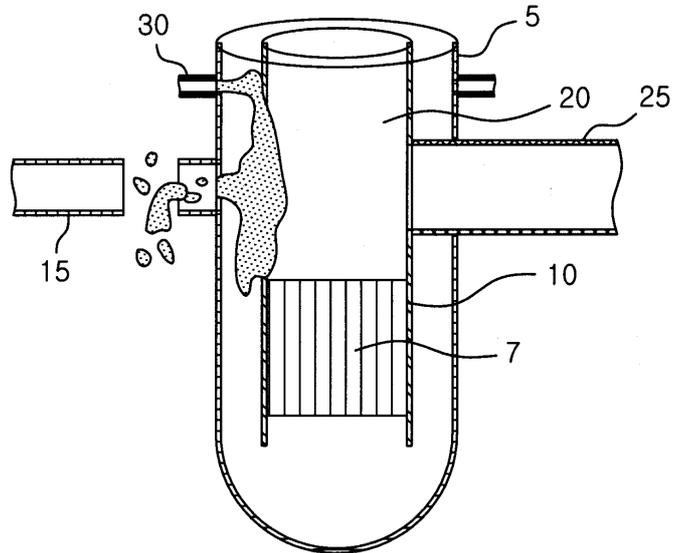
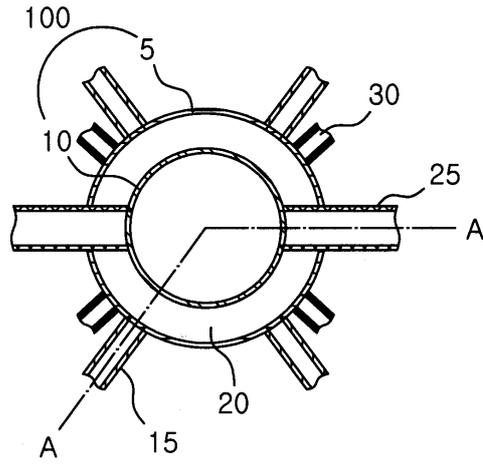
상기 상판 및 하판은 각각의 중심부에서 후방으로 트인 뒤틀림 방지용 노치를 갖는 것을 특징으로 하는 가압경수로형 원자로.

도면

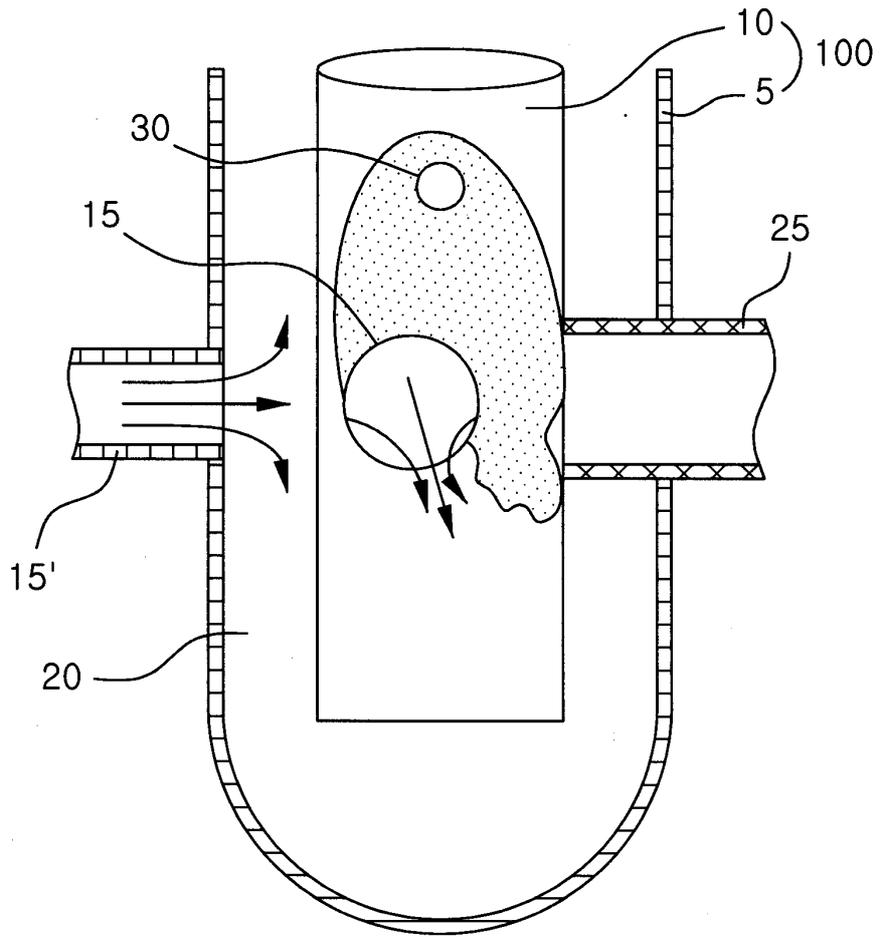
도면1



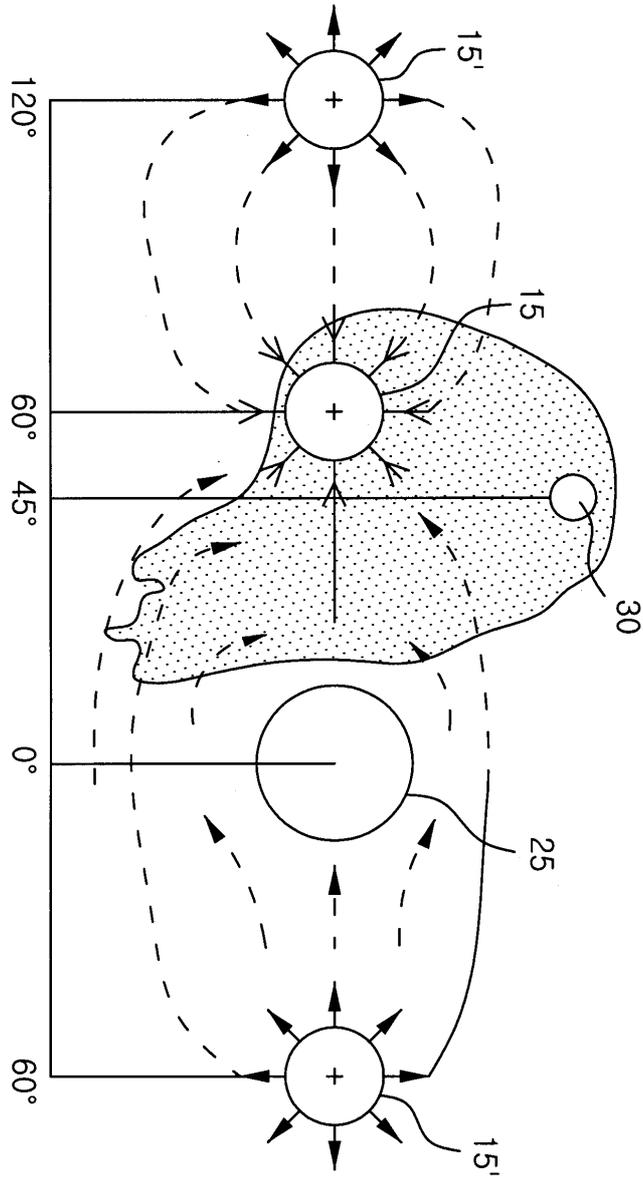
도면2



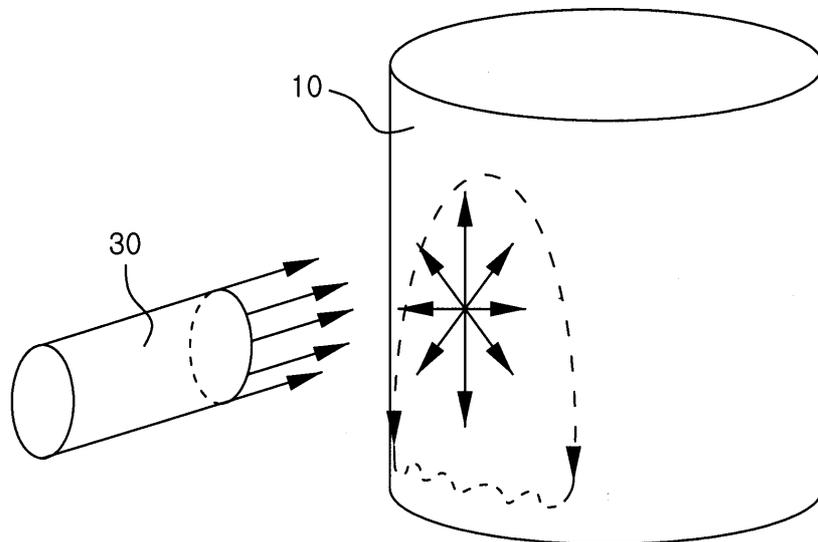
도면3a



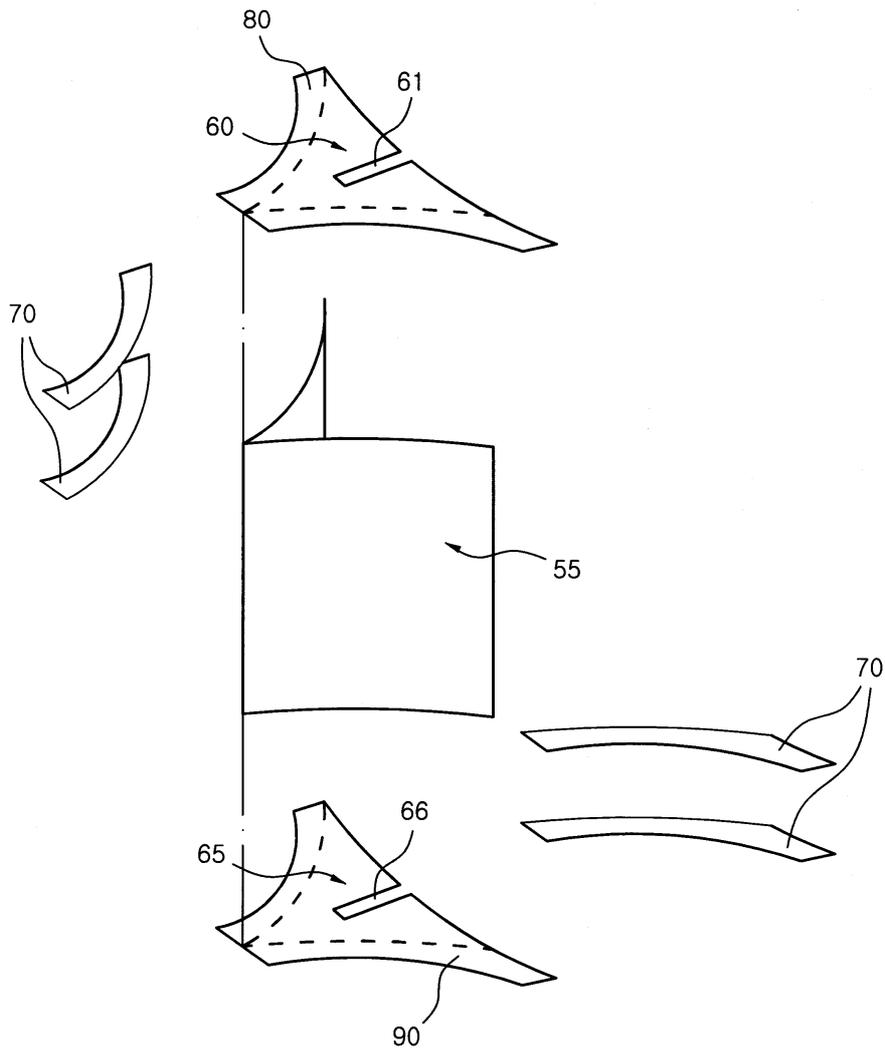
도면4



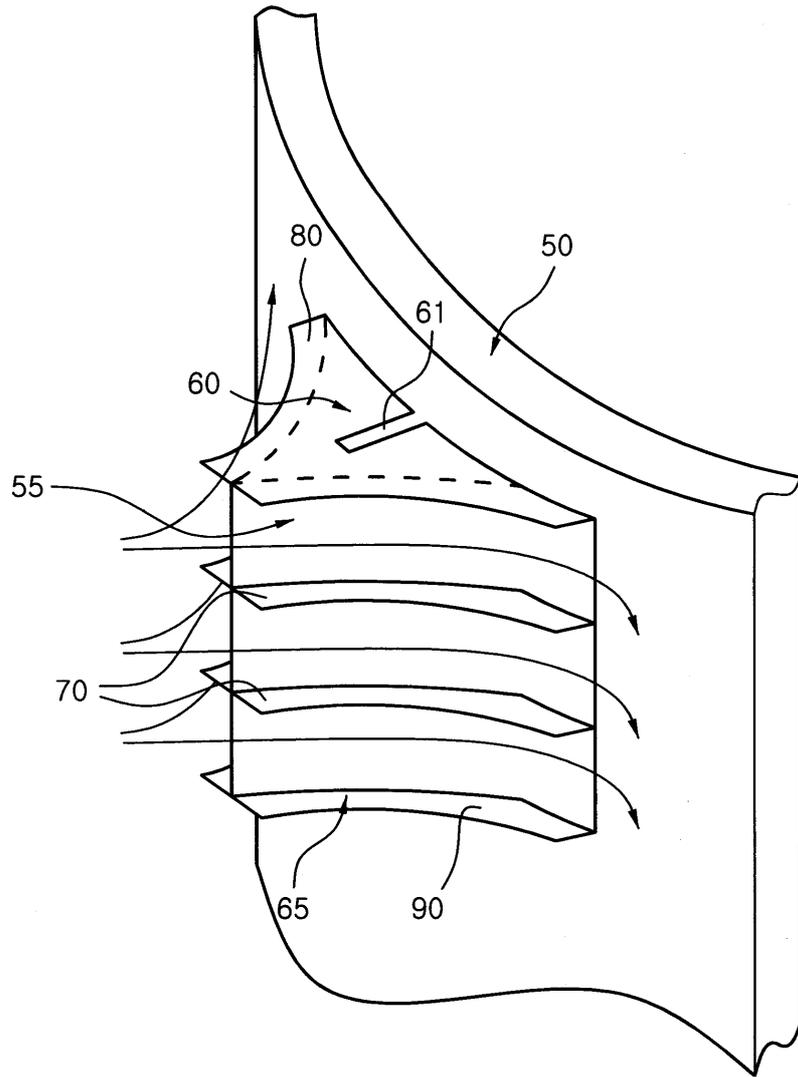
도면5



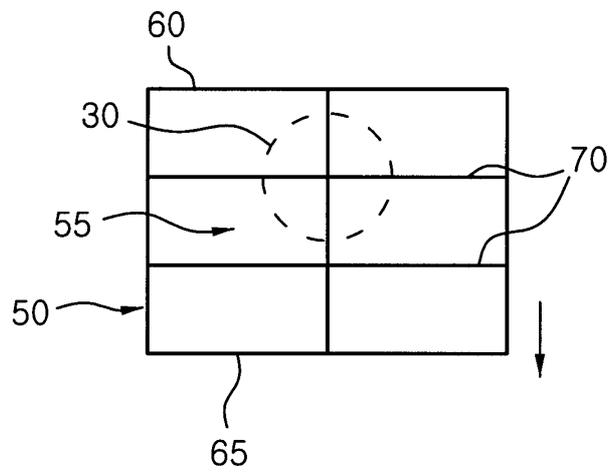
도면6a



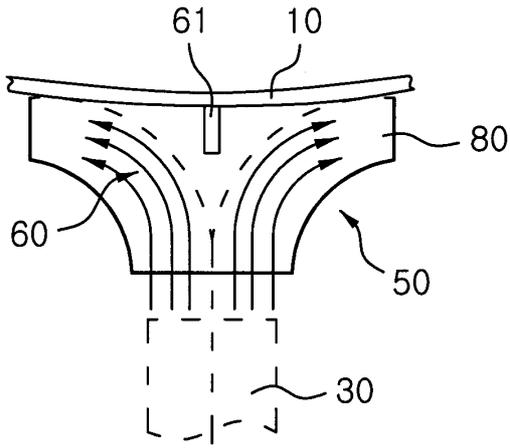
도면6b



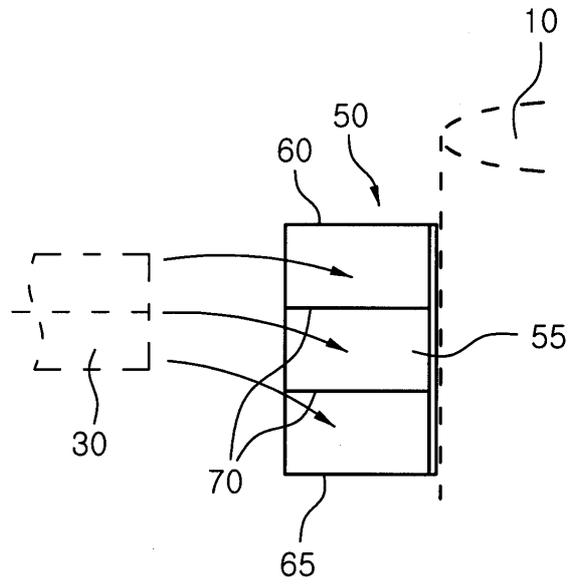
도면7a



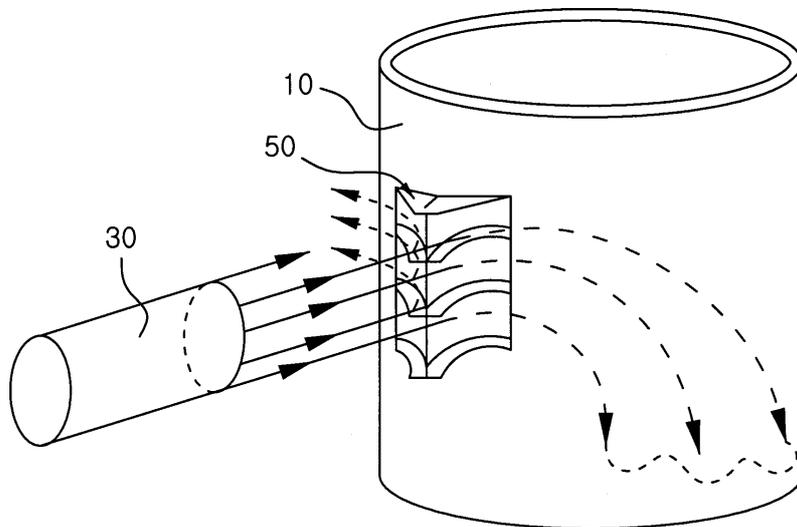
도면7b



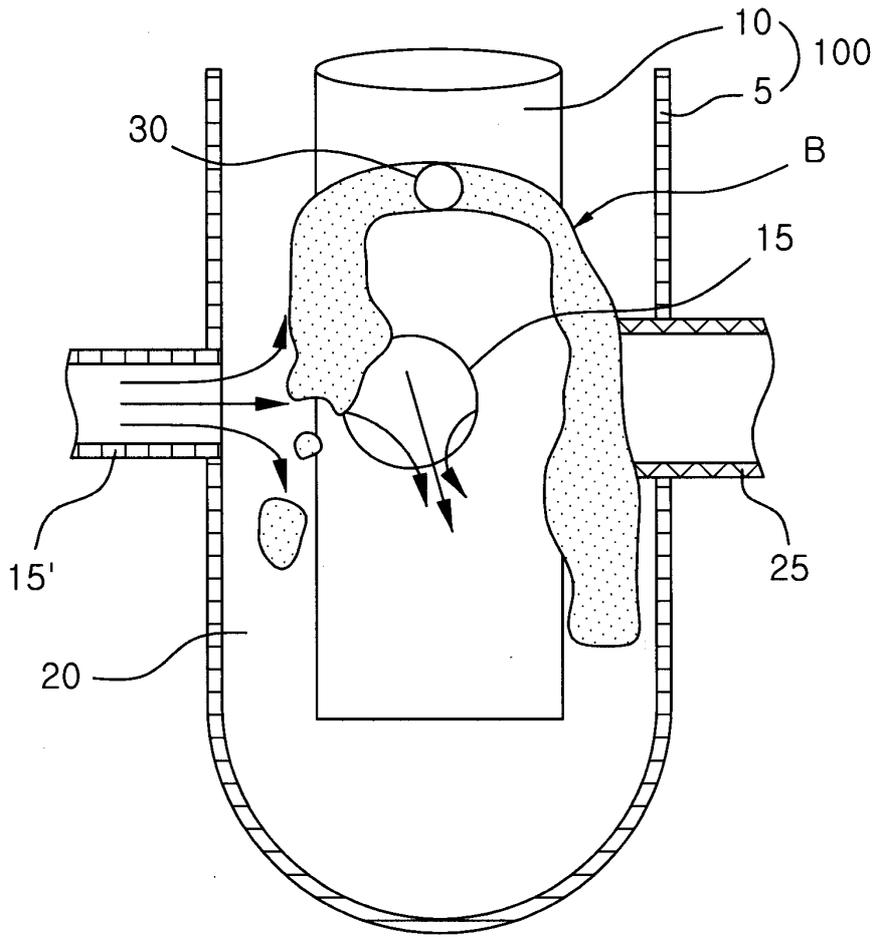
도면7c



도면8



도면9



도면10

