

(72) 발명자

김태미

서울특별시 송파구 잠실5동 주공아파트 503동 505호

구준모

경기도 용인시 기흥구 보정동 죽현마을 아이파크
아파트 214동1206호

특허청구의 범위

청구항 1

냉각수가 저장되며 질소 가스의 가압을 받아 원자로에 냉각수를 공급하는 안전주입탱크;

상기 안전주입탱크에 연결되며 상기 안전주입탱크로 질소가스를 공급할 수 있는 아지드화물을 포함하는 혼합물이 내부에 채워진 캐니스터;

상기 캐니스터의 내부로 삽입되어 상기 아지드화물을 연소시키는 점화 플러그; 및

상기 점화 플러그에 연결되어 전원을 공급하는 전원 공급부를 포함하는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 안전주입탱크의 냉각수는 상기 안전주입탱크의 내부공간을 90% 이상 차지하는 것을 특징으로 하는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 캐니스터의 일측에는 상기 안전주입탱크로 질소가스를 유동시키는 배관을 구비한 랙이 분리 가능하게 결합되는 것을 특징으로 하는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 캐니스터의 내부에는 상기 아지드화물의 연소에 의해 발생하는 질소가스의 충격을 감소하는 필터가 구비되는 것을 특징으로 하는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 혼합물의 아지드화물은 NaN_3 이며, 상기 아지드화물은 KNO_3 및 SiO_2 와 혼합되는 것을 특징으로 하는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 혼합물의 중량비는,

$\text{NaN}_3:\text{KNO}_3:\text{SiO}_2=1.30\pm0.2:4.11\pm0.2:0.61\pm0.2$ 인 것을 특징으로 하는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 전원 공급부는 상기 점화 플러그에 외부 전원과 관련 없이 전원을 공급하는 배터리;

상기 점화 플러그와 상기 배터리를 연결시키는 스위치; 및

상기 안전주입탱크의 압력을 감지하는 센서를 이용하여 상기 스위치를 닫는 회로를 포함하는 것을 특징으로 하는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 원자력발전소에서 냉각재 상실사고가 발생할 경우, 안전주입탱크 내부의 냉각수를 가압하는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입탱크 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 원자력발전소에는 냉각재 상실사고 시 즉각적인 냉각수 공급을 위하여 안전주입탱크를 갖추고 있다. 국내 표준형 원자력발전소로 명명되어 있는 "OPR-1000"에는 네 개의 안전주입탱크가 원자로 저온관에 각각 연결되어 있으며, 차세대 원자력발전소인 "APR-1400"의 경우에는 네 개의 안전주입탱크가 원자로에 직접 연결되어 있다.
- <3> 안전주입탱크의 외관사양은 "OPR-1000"과 "APR-1400"이 모두 유사한데 주요 재원의 개략적인 사양은 하기에 기재된 바와 같다.
- <4> · 설계압력 : 4826 kPa (47.6 atm)
- <5> · 설계온도 : 93.3℃
- <6> · 운전온도 : 15.6 ~ 48.9℃
- <7> · 정상운전압력 : 4206 kPa (41.5 atm)
- <8> · 내부체적 : 68m³
- <9> 여기서, 안전주입탱크에 담겨진 냉각수의 양은 냉각재 상실사고 시 피복재의 반응이나 용융을 방지하고 노심냉각을 수행하기에 충분하도록 설계되어 있다.
- <10> 그리고, 냉각수를 원자로 속으로 주입하기 위하여 탱크의 내부는 대략 41atm의 질소로 가압되어 있는데, 가압 질소에만 의존하여 냉각수를 주입하므로 큰 공간이 질소로 채워져 있다.
- <11> 이때, 냉각수가 충전된 질소에 의해 가압되어 원자로에 냉각수를 주입하는 안전주입탱크는 크게 세 가지 문제점이 나타났다.
- <12> 첫 번째는, 질소가 차지하고 있는 공간이 안전주입탱크의 내부에서 과도하게 크므로 한정된 안전주입탱크의 내부공간에 대한 냉각수 재고량의 확보측면이 불리하게 작용한다.
- <13> 이때, 질소가 충전되어 있는 기존의 안전주입탱크는 원자로의 냉각재 상실사고 시에 외부전원이 공급되지 않아도 자동적이며 신속하게 원자로 측으로 냉각수의 안전주입이 시작될 수 있도록 미리 가압된 질소를 펌프대신 사용하고 있다.
- <14> 이와 같은 안전주입탱크는 가압 질소만으로 안전주입탱크 내의 냉각수를 모두 주입시키기 위해서 질소의 충전 시에 안전주입탱크의 큰 공간이 높은 압력으로 가압되어 있어야만 한다. 구체적으로, 종래의 안전주입탱크는 전체 공간의 대략 1/3인 23m³을 가압 질소의 충전 공간으로 사용해야 하므로 냉각수를 위한 충분한 공간의 확보가 어려웠다.
- <15> 반면에, 상기와 같은 질소의 충전 공간을 냉각수로 채울 경우, 사고 대비에 더욱 효과적이며, 결과적으로 전체적인 발전소의 안전성이 증가될 것이다.
- <16> 두 번째는, 안전주입탱크의 일회성 가압 질소는 원자로 측으로 고유량 유지가 어렵다는 것이다. 즉, 안전주입 초반에 고유량을 유지하는 것은 안전주입탱크의 필수 성능요건인데, 미리 가압되어 있는 질소를 이용하여 냉각수를 주입하는 경우, 안전주입탱크 수위가 낮아지면서 질소의 충전공간이 팽창하고 질소의 압력이 떨어지게 됨으로써 안전주입 초반에 고유량을 유지하기 어려웠다.
- <17> 그러나 안전주입 초반에 고유량을 유지하기 위하여 질소를 과압하게 되면 냉각수가 조속히 소진되므로, 안전주입 후반에 필요한 냉각수를 확보할 수가 없다. 이를 해결하기 위하여, 국내에서 차세대 원자력발전소로 설계한 "APR-1400"의 안전주입탱크에는 피동적인 방법으로 유량 조절을 하기 위한 "Fluidic Device"를 내부에 삽입하였

다. "Fluidic Device"는 "피동 작동 2단 유량전환 방법 및 장치"로서 등록특허 제10-0369247-0000 호에 개시되어 있다.

<18> 즉, 종래 경유의 안전주입탱크는, 도 5에서 보는 바와 같이, 원자로 안전주입탱크(10)의 수위가 공급유로입구(20)보다 높은 고유량 배출 운전시에는, 공급유로입구(20)와 제어유로입구(30)를 통해 유입된 유량은 공급유로(21)와 제어유로(31)를 지나 기기본체(50)에 구비된 각각의 공급구(51) 및 제어구(52)를 통해 와류실(55)의 원주부분에서 서로 만나 와류실(55)의 반경방향으로 흘러 배출구로 배출되는 단계와, 원자로 안전주입탱크(10)의 수위가 공급유로입구보다 낮은 저유량 배출 운전시에는, 공급유로입구(20)로 통과하는 유량은 멈추고 제어유로입구(30)를 통해서만 유량이 유입되어 제어유로(31)을 지나 제어구(52)를 통해 와류실(55)로 들어와 와류실(55)내에서 강한 와류를 형성하여 배출구로 배출되는 단계를 갖는 것을 특징으로 하는 피동 작동 2단 유량전환 방법을 제공한다.

<19> 이때, "Fluidic Device"는 안전주입의 초기 유량은 높게 하고, 중반과 후반의 유량은 작지만 오랫동안 지속될 수 있도록 도와주는 하지만, 가압 질소로 인하여 낭비되고 있는 탱크 내의 공간문제와 뒤에서 설명할 질소 용해도와 관련된 문제점은 여전히 남아 있다.

<20> 세 번째로, 질소는 안전주입탱크의 운전조건인 40도씨, 50기압 하에서 1kg의 물에 약 0.72g 정도가 용해되기 때문에 원자로에 주입된 후에 압력이 낮아지면 냉각수에 녹아 있던 비응축 질소 기포가 형성되어 파단부위 등으로 미리 빠져나가지 않을 경우 노심으로 물과 함께 유입되어 원자로 냉각에 방해가 되었다. 여기서, 50기압에서의 0.72g(질소)/kg(물)은 표준조건에서의 부피로 환산하면 0.58리터(질소)/리터(물)로서 물 부피의 절반을 초과하는 상당한 양이다.

<21> 따라서, 이후 원자로의 냉각재 상실사고를 완화하는데 있어서 안전주입탱크의 역할이 커질 것으로 예상되는 가운데, 상기한 세 가지 문제점을 동시에 해결하는 것이 매우 중요한 것으로 판단되었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<22> 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 질소 충전을 위하여 소모되는 안전주입탱크 내의 공간을 줄임으로써 탱크의 부피를 크게 하지 않아도 냉각수 재고량을 늘릴 수 있으며, 늘어난 냉각수 재고량으로 인하여 질소를 가압시킬 공간이 작아지더라도 냉각수의 원자로에 대한 안전주입 초반에 고유량을 유지할 수 있고, 미리 질소를 가압시키지 않고 필요한 경우만 신속하게 가압함으로써 냉각수에 대한 질소 용해량을 줄이도록 함으로써 원자로의 잔열을 효율적으로 제거할 수 있는 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입 탱크장치를 제공함이 목적이다.

과제 해결수단

<23> 본 발명에 따른 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입 탱크장치의 구성은 냉각수가 저장되며 질소 가스의 가압을 받아 원자로에 냉각수를 공급하는 안전주입탱크와, 상기 안전주입탱크에 연결되며 상기 안전주입탱크로 질소 가스를 공급할 수 있는 아지드화물을 포함하는 혼합물이 내부에 채워진 캐니스터와, 상기 캐니스터의 내부로 삽입되어 상기 아지드화물을 연소시키는 점화 플러그 및 상기 점화 플러그에 연결되어 전원을 공급하는 전원 공급부를 포함한다.

<24> 여기서, 본 발명은 안전주입탱크 내부에서 질소 충전을 위하여 소모되는 공간을 줄이고, 사고 초반에 고유량을 유지할 수 있는 아지드화물의 분해반응을 기폭제로 이용하여 안전주입탱크 내부의 냉각수를 가압한 후 원자로에 신속하게 주입시킬 수 있다.

<25> 이때, 상기 안전주입탱크의 냉각수는 상기 안전주입탱크의 내부공간을 90% 이상 차지할 수 있다.

<26> 또한, 상기 캐니스터의 일측에는 상기 안전주입탱크로 질소가스를 유동시키는 배관을 구비한 랙이 분리 가능하게 결합되어야 한다.

<27> 그리고, 상기 캐니스터의 내부에는 상기 아지드화물의 연소에 의해 발생되는 질소가스의 충격을 감쇠하는 필터가 구비되어야 한다.

<28> 또한, 상기 혼합물의 아지드화물은 HN_3 의 수소가 금속, 할로젠, 또는 유기치환기 등으로 치환된 것을 통칭한다. 아지드화물은 비활성기체를 제외한 모든 원소와 반응할 뿐만 아니라 유기물과도 화합물을 형성한다. 일반적으로

아지드화물은 불안정하고 은, 수은, 납, 구리 등의 염은 특히 격렬하여 폭발성이 있다. 따라서 이러한 각종 금속의 아지드화물은 뇌관, 신포탄 등의 기폭제로 사용된다. 반면 알칼리 및 알칼리토금속의 염은 폭발성이 없고, 가열하면 온화하게 분해하여 질소와 금속이 된다.

<29> 바람직하게는, 상기 혼합물의 아지드화물은 NaN_3 이며, 상기 아지드화물은 KNO_3 및 SiO_2 와 혼합되는 것을 특징으로 하며, 더욱 바람직하게는, 상기 혼합물의 중량비는, $\text{NaN}_3:\text{KNO}_3:\text{SiO}_2=1.30\pm0.2:4.11\pm0.2:0.61\pm0.2$ 인 것을 특징으로 한다.

<30> 한편, 상기 전원 공급부는 상기 점화 플러그에 외부 전원과 관련 없이 전원을 공급하는 배터리와, 상기 점화 플러그와 상기 배터리를 연결시키는 스위치; 및 상기 안전주입탱크의 압력을 감지하는 센서를 이용하여 상기 스위치를 닫는 회로를 포함해야 한다.

효 과

<31> 상기와 같이 구성되는 본 발명에 의한 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입 탱크장치는 원자력발전소에서 냉각재 상실사고가 발생할 경우, 아지드화물의 분해반응을 기폭제로 이용하여 안전주입탱크 내부의 냉각수를 급속하게 가압하여 원자로에 주입시킬 수 있고, 질소 충전을 위하여 소모되는 안전주입탱크 내의 공간을 줄임으로써 탱크의 부피를 크게 하지 않아도 냉각수 재고량을 충분히 확보할 수 있으며, 안전주입 초반에 냉각수의 고유량이 유지됨으로써 원자로의 잔열을 효율적으로 제거할 수 있고, 미리 질소를 가압시키지 않고 필요한 경우만 신속하게 가압함으로써 냉각수 내의 질소 용해량을 줄일 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<32> 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입 탱크장치의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.

<33> 또한, 하기 실시예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것이 아니라 본 발명의 청구범위에 제시된 구성요소의 예시적인 사항에 불과하며, 본 발명의 명세서 전반에 걸친 기술사상에 포함되고 청구범위의 구성요소에서 균등물로서 치환 가능한 구성요소를 포함하는 실시예는 본 발명의 권리범위에 포함될 수 있다.

<34> 실시예

<35> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입 탱크장치의 계통도이고, 도 2는 안전주입탱크의 서로 다른 조건을 적용한, 종래기술의 경우 1 및 본 발명에 관한 경우 2의 안전주입탱크 유량을 비교한 그래프이며, 도 3은 안전주입탱크의 서로 다른 조건을 적용한, 경우 2의 안전주입탱크 수위변화를 나타낸 그래프이고, 도 4는 안전주입탱크의 서로 다른 조건을 적용한, 경우 2의 안전주입탱크 내부압력 변화를 도시한 그래프이다.

<36> 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입 탱크장치의 주요 구성은 냉각수(110)가 저장되며 질소 가스의 가압을 받아 원자로에 냉각수(110)를 공급하는 안전주입탱크(100)와, 안전주입탱크(100)에 연결되며 안전주입탱크(100)로 질소가스를 공급할 수 있는 아지드화물을 포함하는 혼합물(125)이 내부에 채워진 캐니스터(120)와, 캐니스터(120)의 내부로 삽입되어 아지드화물을 연소시키는 점화 플러그(130) 및 점화 플러그(130)에 연결되어 전원을 공급하는 전원 공급부(140)를 포함한다.

<37> 또한, 캐니스터(120)의 일측에는 안전주입탱크(100)로 질소가스를 유동시키는 배관(136)을 구비한 랙(138)이 분리 가능하게 결합되어야 하고, 캐니스터(120)의 내부에는 아지드화물의 연소에 의해 발생하는 질소가스의 충격을 감쇠하는 필터(135)가 구비되어야 한다.

<38> 한편, 전원 공급부(140)는 점화 플러그(130)에 외부 전원과 관련 없이 전원을 공급하는 배터리(142)와, 점화 플러그(130)와 배터리(142)를 연결시키는 스위치(143) 및 안전주입탱크(100)의 압력을 감지하는 센서(145)를 이용하여 스위치(143)를 닫는 회로(146)를 포함한다.

<39> 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입 탱크장치의 구성요소 작용관계, 아지드화물을 포함하는 혼합물, 혼합물의 화학 반응식, 원자로 측으로 냉각수의 고유량을 유지하기 위한 안전주입탱크의 압력 설정치 및 압력 설정치에 따른 혼합물의 혼합비율에 대해 구체적으로 설명한다.

<40> 알칼리금속과 결합한 대표적인 아지드화물인 NaN_3 을 예로 들어 본 발명을 설명하고자 한다. 이외의 알칼리 및 알

칼리토금속과 결합한 아지드화물을 이용하는 방법도 서로 화학적 특성은 비슷하므로, 반응속도와 밀도 및 분해 온도 등 주요 특성을 고려하여 아래의 설명과 유사한 방법으로 진행할 수 있다.

<41> NaN₃는 차량용 에어백에 사용되는 하얀색 결정체의 알칼리금속-아지드 화합물이다. NaN₃를 점화시키면 나트륨과 질소가 분리되면서 질소 가스가 생성된다. NaN₃는 점화 후 수 msec 이내에 질소 가스를 만들어 내면서 부피가 팽창되어 공간 내부의 압력을 증가시킨다. NaN₃의 주요 물리적, 화학적 성질은 다음과 같다.

<42> · 질량: 65.01g/mol

<43> · 밀도: 1.85 g/cm³ (표준상태)

<44> · 용해도: 41.7 g/100ml (17℃)

<45> · 분해온도: 275℃ (표준상태)

<46> NaN₃는 캐니스터(120)에 삽입되어 있으며 NaN₃의 주변은 필터(135)로 둘러싸여 평상시 수분이 NaN₃에 접근하는 것을 차단하고 질소 가스가 생성될 때 순간적인 충격파가 발생하는 것을 방지한다.

<47> 도 1을 참조하면, 캐니스터(120)의 하부는 NaN₃를 점화시킬 수 있는 점화 플러그(130)와 여기에 전압을 가할 수 있는 배터리(142) 및 회로(146), 스위치(143), 그리고 안전주입탱크(100) 내부의 압력과 연동되어 스위치를 여닫는 회로(146)가 연결되어 있다.

<48> 배터리(142)는 사고 시에도 외부 전원 없이 작동할 수 있도록 발전소 외 또는 발전소 내 전력을 이용하여 평소에 충전해 둘 수 있는 배터리(142)를 사용한다.

<49> 발전소의 특성에 따라 요구되는 유량을 제공하기 위하여 각각의 캐니스터(120)는 다른 분량의 NaN₃를 포함하고 있으며, 이를 점화시키는 회로(146)에는 특정 순서대로, 안전주입탱크 내부의 압력에 따라 점화가 되도록 각각 다른 압력 설정치가 입력되어 있다.

<50> 또한, 다수의 NaN₃ 캐니스터(120)는 안전주입탱크(100) 상부에 연결된 랙(138)에 삽입되어 있다. 안전주입탱크(100) 상부에 설치된 랙(138)은 안전주입탱크(100) 내부의 냉각수(110)가 넘쳐 들어오지 못하도록 되어 있다. 랙(138)에 대해 캐니스터(120)는 분리와 재장전이 가능하다. 사용된 NaN₃ 캐니스터(120)는 분리되어 새로운 캐니스터(120)로 교체될 수 있다.

<51> 한편, NaN₃ 캐니스터(120)가 점화되면 질소 가스가 발생하고 발생한 질소 가스는 랙(138)과 안전주입탱크(100)를 연결한 배관(136)을 통해 안전주입탱크(100)로 유동하여 냉각수(110)를 가압한다.

<52> 이때, 평소에는 안전주입탱크(100)가 질소 가스로 충전될 필요가 없으며 안전주입탱크(100)의 모든 공간이 냉각수(110)로 채워질 수 있다. 평상 시 안전주입탱크(100)는 질소 가스에 의해 가압되어 있지 않으므로 질소가 물에 용해되지 않으며, NaN₃의 화학 반응으로 인한 충격파를 흡수할 수 있는 필터(135) 때문에 질소 가스가 냉각수(110)에 급작스럽게 용해되는 현상도 줄어들어 결과적으로 질소가 물에 녹는 양을 무시할 수 있게 된다.

<53> 원자로에서 필요로 하는 안전주입탱크(100)의 요구유량은 발전소 또는 사고이후 시간대 별로 다를 수가 있다. 일단 냉각재 상실사고 시 요구되는 유량이 결정되면, 안전주입탱크(100)의 작동을 위하여 필요한 NaN₃의 분량과 시간, 점화를 위한 압력 설정치는 다음과 같이 번호순서에 따라 기재된 방정식과 반응식으로 계산될 수 있다.

<54> 우선 시간 t 에서 안전주입탱크(100)에서 외부로 방출되는 냉각수(110)의 속도($v_{out,t}$)를 구할 수 있는 방정식을 구하면 다음과 같다.

$$v_{out,t} = C_D \sqrt{2 \left\{ \left(\frac{P_{in,t} - P_{out}}{\rho} \right) - gh_{in,t} \right\} \frac{A_{in}^2}{A_{out}^2 + A_{in}^2}} \quad (1)$$

<56> 여기서, 방정식에 기재된 각각의 변수에 대한 설명은 하기와 같다.

<57> $P_{in,t}$: 시간 t 에서 안전주입탱크 내부 압력

<58> P_{out} : 안전주입탱크 방출구 압력

<59> $h_{in,t}$: 시간 t 에서 안전주입탱크 냉각수 수위

<60> g : 중력가속도

<61> A_{in} : 안전주입탱크 내부 단면적

<62> A_{out} : 안전주입탱크 방출배관 넓이

<63> C_D : 방출배관 넓이 축소를 고려한 보정계수

<64> ρ : 냉각수의 밀도

<65> 따라서, 냉각수 방출 속도를 이용하여 냉각수 방출 유량($\overline{m}_{out,t}$)은 다음과 같이 얻을 수 있다.

<66>
$$\overline{m}_{out,t} = A_{out} \cdot v_{out,t} \cdot \rho \quad (2)$$

<67> 여기서 $P_{in,t}$ 과 $h_{in,t}$ 은 다음과 같이 구해진다.

<68>
$$h_{in,t} = h_{in,t-1} - \frac{A_{out} \cdot v_{out,t-1}}{A_{in}} \Delta t \quad (3)$$

<69>
$$P_{in,t} = P_{in,t-1} - \frac{nRT_{in}}{V_{in,t-1} + A_{in}(h_{in,t-1} - h_{in,t})} \quad (4)$$

<70> 여기서, 방정식에 대한 설명은 하기와 같다.

<71> n : 탱크 내부의 질소가스의 몰수

<72> R : 기체상수

<73> T_{in} : 안전주입탱크 내부 온도

<74> NaN₃가 점화되어 상승된 $P_{in,t}$ 는 다음과 같이 구해진다. 단, NaN₃의 분해시간은 수 msec 수준이므로, 점화하는 순간 모든 화합물이 분해되어 압력 상승에 기여한다고 가정한다.

<75>
$$P_{in,t} = \frac{n'RT_{in}}{V_{in,t}} \quad (5)$$

<76> 여기서, n' 는 NaN₃의 점화에 의해 발생한 질소 가스의 몰수에 해당한다.

<77> 방정식 (1)에 (5)를 이용하여 안전주입탱크(100)의 작동을 위하여 필요한 NaN₃의 분량과 시간, 점화를 위한 압력 설정치, 그리고 유량 분포를 알 수 있다.

<78> 본 발명의 효과를 입증하기 위하여 방정식 (1)에 (5)를 이용하는 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 도 2 내지 도 4를 참조하여 설명한다.

<79> "APR-1400"에 채택되어 있는 "Fluidic Device"가 설치된 안전주입탱크를 대상으로 하였다. 안전주입탱크는 초기

30초간 평균 ~900kg/s의 유량을 유지하여야 하며, 그 이후에도 냉각수가 고갈될 때까지 ~200kg/s 이상의 유량을 유지하여야 한다. 다음과 같은 세 가지 경우를 설정하여 안전주입탱크의 성능 결과를 비교하였다.

<80> 경우 1: 안전주입탱크의 상부 공간 33%는 40atm의 질소 가스가 채워져 있고, 가압된 질소는 냉각수를 밀어 원자로 용기로 공급한다.

<81> 경우 2: 안전주입탱크의 상부 공간 10%를 빈 공간으로 두고, 나머지 공간은 냉각수를 채운다. 안전주입이 시작되는 순간 NaN_3 를 이용하여 상부 공간을 40atm으로 만들고, 냉각수가 분출되어 상부 공간이 커짐에 따라 떨어지는 압력을 보상하기 위하여 20atm이 되는 순간 25atm으로 조정하도록 필요한 양의 NaN_3 를 점화하는 방법으로 냉각수를 원자로 용기로 공급한다.

<82> 도 2 에서 실선은 경우 1, 긴 점선은 경우 2에 해당된다.

<83> 경우 1과 2의 경우 안전주입탱크의 요건은 만족하였지만 경우 2는 냉각수 공급 시간을 30% 가량 증가시켰다. 이는 빈 공간을 채운 증가된 냉각수 때문이다. 경우 2에서 시간별 안전주입탱크의 수위와 내부 압력의 변화는 도 3 및 4를 참조하여 알 수 있다.

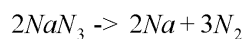
<84> 그리고, 경우 2에서 필요한 NaN_3 화합물의 양은 다음 표 1과 같다.

<85> <표 1> 안전주입탱크에서 필요한 NaN_3 화합물의 양

<86>

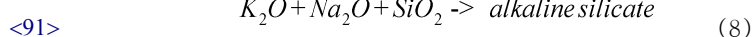
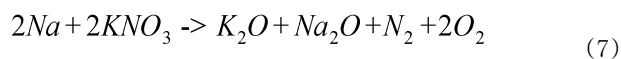
점화 횟수	점화 시간(s)	$\text{NaN}_3(\text{kg})$
1	0	350
2	9	90
3	14	110
4	20	140
5	27	170
6	45	210
7	72	250
8	104	300
9	142	360
10	187	400
총질량		2,380

<87> 기타, 본 발명을 위해서 다음과 같은 사항이 고려되어야 하는데, 실제 NaN_3 의 반응식은 다음과 같다.

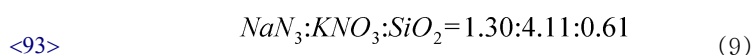


<88> (6)

<89> 나트륨은 물과 반응하여 격렬한 발열반응을 일으키므로 이를 방지하기 위하여 KNO_3 와 SiO_2 를 첨가하여 최종적인 화학반응의 결과로 유리, 즉 알칼리 실리케이트(Alkaline Silicate)만이 캐니스터(120) 내부에 남도록 한다. 관련 반응식은 다음과 같다.



<92> 반응식 (7), (8)에 따라 캐니스터(120)에 장전해야 할 화합물의 총 중량과 부피를 계산할 수 있다. 따라서, 화학식에 참여하는 화합물의 중량비는 다음과 같이 얻어 질 수 있다.



<94> 따라서 방정식 (1)에서 (5)로 얻어진 NaN_3 의 총 질량을 방정식 (9)에 적용하면 모든 화합물의 질량을 얻을 수

있다. 또한 각 화합물별 밀도를 이용하면 부피를 구할 수 있다. 각 화합물의 밀도는 다음과 같다.

· NaN_3 : $1,850 \text{ kg/m}^3$

· KNO_3 : $2,100 \text{ kg/m}^3$

· SiO_2 : $2,200 \text{ kg/m}^3$

따라서 경우 2에 대하여 필요한 화합물의 총 질량과 부피를 계산한 결과를 다음의 표 2에 제시하였다.

<표 2> 화합물의 총 질량 및 부피

	질량(kg)	부피(m^3)
NaN_3	2,380	1.30
KNO_3	7,520	3.60
SiO_2	1,100	0.50
총합	11,000	5.4

대부분의 경우 소요되는 부피는 5.40 m^3 로 기존의 안전주입탱크에서 질소 가스가 차지하고 있던 23 m^3 의 25% 이내이다. 저유량 공급시(약 40초 이후)에서 추가적인 화학반응을 사용하지 않는다면, 50% 이상 화합물의 질량 및 부피를 줄일 수 있다.

따라서, 질소화합물을 이용하여 냉각수를 가압하는 방식을 채택하면 전체 공간의 90% 이상을 냉각재로 채울 수 있다. 또한, 질소 가스의 용해도 문제를 해결할 수 있고, 발전소의 특성에 따라 안전주입 유량을 높게 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 아지드화물 기폭제를 이용한 안전주입 탱크장치의 계통도이다.

도 2는 안전주입탱크의 서로 다른 조건을 적용한, 종래기술과 본 발명에 관한 경우의 안전주입탱크 유량을 비교한 그래프이다.

도 3은 본 발명에 관한 경우의 안전주입탱크 수위변화를 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명에 관한 경우의 안전주입탱크 내부압력 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5는 종래 경우의 안전주입탱크의 단면도이다.

<도면의 주요 부분에 관한 부호의 설명>

100: 안전주입탱크 110: 냉각수

120: 캐니스터 125: 혼합물

130: 점화 플러그 135: 필터

136: 배관 138: 랙

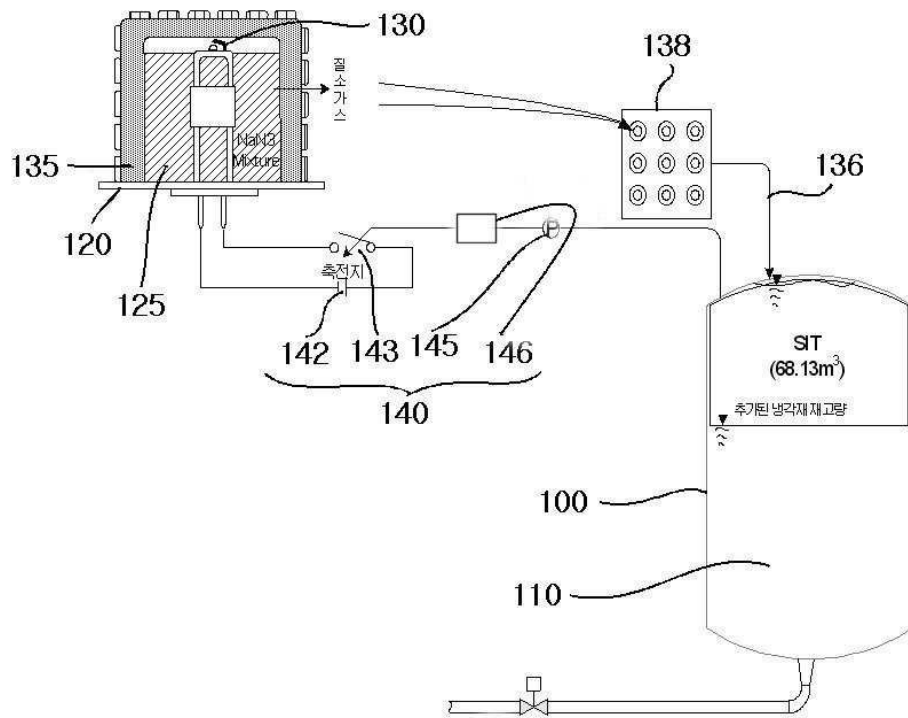
140: 전원 공급부 142: 배터리

143: 스위치 145: 센서

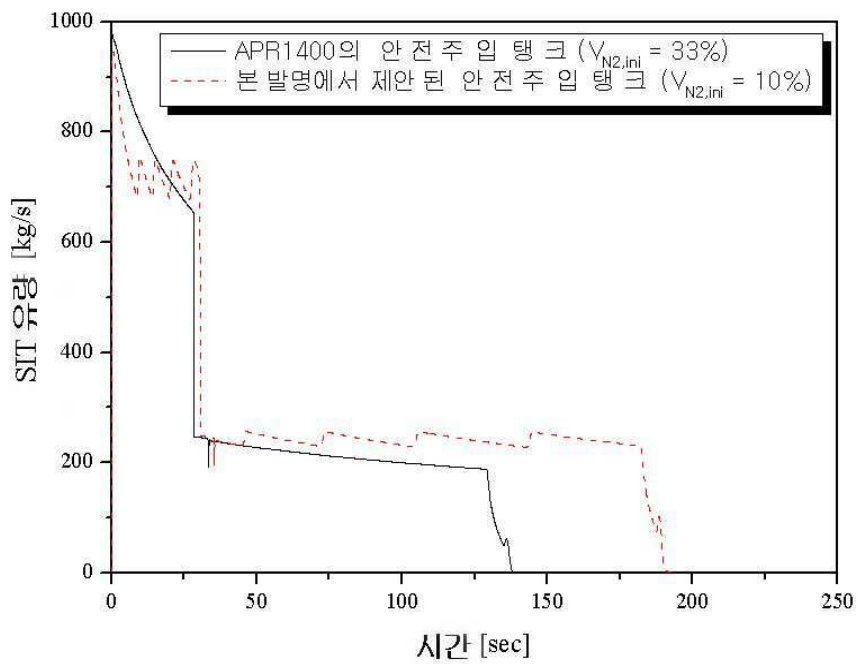
146: 회로

도면

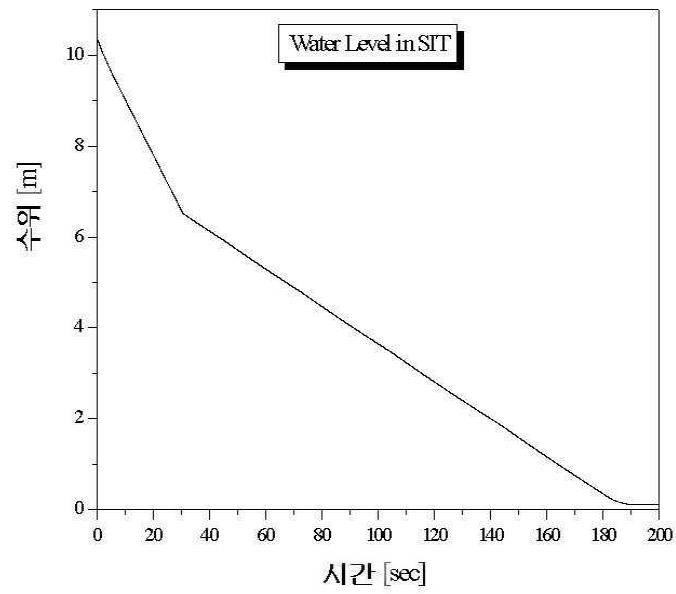
도면1



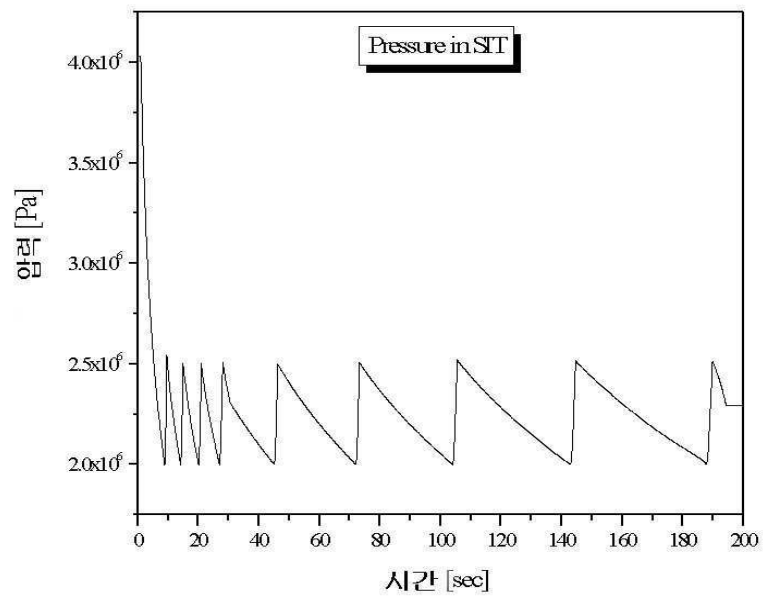
도면2



도면3



도면4



도면5

