



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년07월18일  
(11) 등록번호 10-0847411  
(24) 등록일자 2008년07월14일

(51) Int. Cl.  
*B01D 53/34* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2003-0049636  
(22) 출원일자 2003년07월21일  
심사청구일자 2007년01월19일  
(65) 공개번호 10-2004-0010276  
(43) 공개일자 2004년01월31일  
(30) 우선권주장  
10233173.1 2002년07월22일 독일(DE)  
(56) 선행기술조사문헌  
US5900042 A  
JP2000197811 A

(73) 특허권자  
바이엘 인더스트리 서비스즈 게엠베하 운트 코.  
오하게  
독일 데-51368 레버쿠젠  
(72) 발명자  
보스틴, 베른하트  
독일51061 쾰른레오폴트-그멜린-스트라쎄80  
베이에르, 조아힘  
독일51515 쾰텐오펜만샤이데르스트라쎄32  
(뒤틀면에 계속)  
(74) 대리인  
김영, 장수길

전체 청구항 수 : 총 10 항

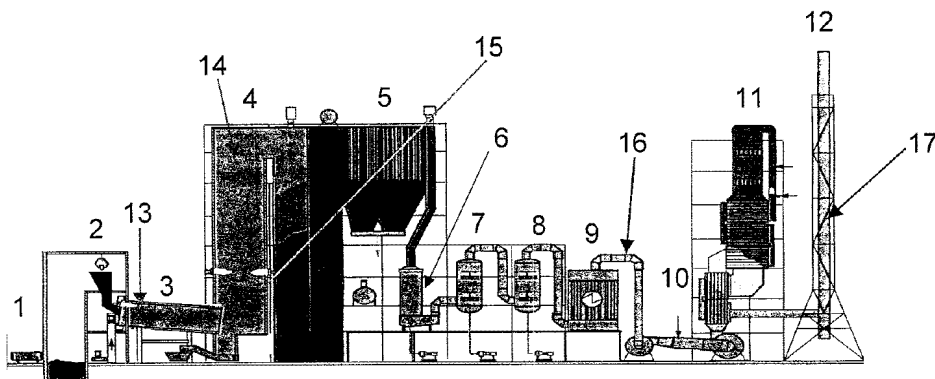
심사관 : 장성원

(54) 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하는 방법

(57) 요약

본 발명은 브롬 화합물을 적절하다면 다단계 노 및(또는) 노 하류의 설비 구역 내 굴뚝 가스에 공급하며 브롬 화합물이 굴뚝 가스와 접촉되는 동안의 온도는 500℃ 이상, 바람직하게는 800℃ 이상인, 고온 설비, 특히 발전소 및 폐기물 소각 설비의 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하는 방법을 기술한다. 황 화합물, 특히 이산화황 존재 하에 연소가 수행된다. 노 다음에, 적절하다면 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하기 위한 다단계 세척기로 굴뚝 가스를 보내는데, 여기에서 세척기는 습윤 스크러버(scrubber) 및(또는) 건조 세척기를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

**본크호페르, 데오도르-게르할트**

독일45149에센조넨샤인스베그39베

**플레드, 오라프**

독일41515그레벤브로이히암하겔크로이쯔13아

**비엘란트, 안드레아**

오스트리아마리아로자호9422다흐치베르그7

**포혼취, 안드레아스**

독일02694그로스더브라우몰쉬비트제르스트라쎄14

**카네프케, 리코**

독일04420그로슬레나노이마르크트6

**스탄다우, 에바**

독일06179랑겐보겐스톨렌베그17

**필러, 클라우스**

독일51515켈텐쥬르아이케37

**놀데, 미카엘**

독일38642고슬라르갈그하이트스트라쎄20

**괴제르, 하인쯔**

독일55218인겔하임젤쯔탈스트라쎄155

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

-브롬 및(또는) 브롬 화합물 및(또는) 여러 브롬 화합물의 혼합물을 1개 이상의 노 및(또는) 노 하류의 설비 구역 내 굴뚝 가스에 공급하고, 브롬 화합물의 굴뚝 가스와의 제 1 접촉 도중의 온도는 500℃ 이상이며,

-황 및(또는) 황 화합물 및(또는) 여러 황 화합물의 혼합물을 첨가하거나 첨가하지 않고, 연소를 황 화합물 존재 하에 수행한 다음,

-굴뚝 가스로부터 수은을 제거하기 위한 1개 이상의 세척기로 굴뚝 가스를 보내며, 세척기는 습윤 스크러버 (scrubber) 및(또는) 건조 세척기를 포함하는 것

을 특징으로 하는, 고온 설비의 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하는 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 상기 브롬 화합물이 브롬화 수소의 수용액 및(또는) 알칼리금속 브롬화물 및(또는) 알칼리 금속 브롬화물의 수용액인 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 3**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 브롬 화합물 및(또는) 브롬 화합물의 혼합물이 액체 및(또는) 고체 고-브롬 폐기물인 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 4**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 브롬 및(또는) 브롬 화합물 및(또는) 브롬 화합물의 혼합물을 연소 공기 및(또는) 재순환 서브스트림(substream)에 첨가하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 5**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 브롬 대 수은의 질량비가  $10^2$  내지  $10^4$ 의 범위인 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 6**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 연소를 추가로 염소 및(또는) 염소 화합물 및(또는) 여러 염소 화합물의 혼합물 및(또는) 요드 및(또는) 요드 화합물 및(또는) 여러 요드 화합물 혼합물의 존재 하에 수행하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 7**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 굴뚝 가스 방출 조절 시스템이 1개 이상의 강산성 세척 단계 및(또는) 1개 이상의 약산성 및(또는) 알칼리성 세척 단계를 갖는 다단계 습윤 굴뚝 가스 스크러버를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 8**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 굴뚝 가스 방출 조절 시스템이 1개 이상의 건조 또는 반건조 흡착을 기본으로 하는 방출 조절 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서, 방출 조절 단계로부터의 수은을 포함하는 플라이 애쉬에 2차 열처리를 수행하여 수은 함량을 감소시키는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 10**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 굴뚝 가스의 수은 함량을 상기 굴뚝 가스 방출 조절 시스템의 하류에서 연속적으로 측정하며, 공급된 상기 브롬 및(또는) 브롬 화합물 및 임의의 공급된 상기 황 및(또는) 황 화합물의 양을 측정된 수은 함량을 기준으로 하여 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <18> 본 발명은 고온 설비, 특히 발전소 및 폐기물 소각 설비의 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하는 방법에 관한 것이다.
- <19> 인간에게 직접적으로 또는 먹이 사슬에 의해 간접적으로 흡수되는 수은, 특히 유기 결합된 수은의 높은 독성 때문에, 법적으로 허용되는 수은의 방출량, 예를 들면 소각 설비 및 발전소로부터의 방출량은 엄격하게 규제되고 있다. 독일의 경우 현재 허용되고 있는 폐기물 소각 설비로부터의 수은 방출량인 반시간 평균 값이  $30\mu\text{g}/\text{m}^3$  S.T.P. 건량 기준(S.T.P. db)으로-청정 가스의 수은 농도는 현재 이미 낮음에도 불구하고-예를 들면 대형 발전소는 체적 유량이 크기 때문에 상당한 수은이 포함되므로, 현재 허용되고 있는 제한치가 추가로 감소될 것으로 예측되고 있다.
- <20> 발전소, 폐기물 소각 설비 등으로부터의 수은 방출물을 환원시키기 위한 다수의 방법이 문헌에 공지되어 있다. 특정 적용처에 어떠한 방법이 편리한가의 여부는 도입되는 양 및 연소되는 물질의 염소 함량에 상당히 의존한다. 염소 함량이 높으면 굴뚝 가스의 이온 수은 비율이 높다. 이온 수은은 스크러버 중에서 용이하게 제거될 수 있다. 예를 들면 산화제, 예컨대 과산화물, 오존, 또는 아염소산 나트륨을 굴뚝 가스 세정 시스템 상류의 보일러 출구 가스 또는 분진제거 보일러 가스에 첨가하여 준-수불용성 금속 수은을 이온 수은으로 전환시킬 수 있으며, 그 다음에 굴뚝 가스 세정 시스템, 예를 들면 스크러버 중에서 제거할 수 있다. 수은 제거를 위한 다른 방법은 다음과 같다: 황으로 수은을 결합하기 위해 굴뚝 가스 방출 조절 시스템 상류의 오염 보일러 가스 또는 부분적으로 세척된 청정 가스에 반응물, 예컨대 나트륨 테트라술피트를 첨가하고; 산 스크러버 중에서 pH 또는 pCl을 저하시키거나 약산성 또는 약알칼리성 스크러버 중에서 1,3,5-트리아진-2,4,6-트리티올(트리메르캅트-S-트리아진, TMT)로 처리하여 이온 수은의 세척을 증진하며; 미분 흡수제 또는 미립 현탁액의 첨가에 의한 흡수에 의해 이온 및 금속 수은을 제거한다.
- <21> 환원의 선행기술은 충분히 효과적이지 못하며, 때때로 추가적인 자본 비용이 많이 들고 조작 매질이 추가적으로 소비되기 때문에 비용이 비교적 많이 든다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <22> 본 발명의 목적은 고온 공정의 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하기 위한, 특히 수은(Hg)을 실질적으로 완전히 제거하기 위한 방법을 제공하는 것이다. 이 방법은 광범위한 적용처에 사용될 수 있는데, 예컨대 Hg 농도가 본질적으로 일정하게 낮은 경우, 예를 들면 석탄 연소 발전소뿐만 아니라, Hg 농도가 비교적 높은 경우, 예를 들면 하수 슬러지 소각 또는 Hg 농도가 매우 높은 경우, 예를 들면 가정용 쓰레기 또는 유해 폐기물 소각을 포함한다. 본 방법은 또한 고온 설비의 광범위한 재정비를 필요로 하지 않을 것이며 추가적인 조작 매질을 가능한 소량으로 필요로 해서, 방법이 저렴하게 수행되고 조작될 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

- <23> 본 발명은 고온 설비, 특히 발전소 및 폐기물 소각 설비의 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하는 방법에 관한 것인데, 여기에서 브롬 및(또는) 브롬 화합물 및(또는) 여러 브롬 화합물의 혼합물을 적절하다면 다단계 노 및(또는) 노 하류의 설비 구역 내 굴뚝 가스에 공급하고, 브롬 화합물과 굴뚝 가스가 접촉되는 동안의 온도는  $500^{\circ}\text{C}$  이상, 바람직하게는  $800^{\circ}\text{C}$  이상이며, 연소는 황 화합물, 특히 이산화황의 존재 하에, 황 및(또는) 황 화합물 및(또는) 여러 황 화합물의 혼합물을 첨가하거나 첨가하지 않고 수행되고, 그 다음에 적절하다면 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하기 위한 다단계 세척기에 굴뚝 가스를 보내는데, 이 세척기는 습윤 스크러버(scrubber) 및(또는) 건조 세척기를 포함한다.

- <24> 연소 또는 유사한 고온 공정 하류의 굴뚝 가스 방출 조절 시스템에서 굴뚝 가스로부터 수은을 제거하는 것은 굴뚝 가스 방출 조절 시스템으로 도입되기 이전에 어떤 종류의 수은이 존재하느냐에 매우 의존한다. 가능한 한 이온 수은의 비율이 높을수록 유리한데, 이온 수은은 물에 잘 용해되며, 즉 세척될 수 있고 다양한 흡착체에 잘 흡착될 수 있기 때문이다. 브롬 또는 브롬 화합물을 노에 첨가하면, 고온 공정 등의 주어진 조건에서, 황 화합물, 특히 이산화황 존재 하에, 수은을 실질적으로 완전히 산화시킬 수 있어서 굴뚝 가스로부터 수은을 상당량 제거할 수 있다.
- <25> 본 발명의 고온 설비는 특정한 폐기물 소각 설비, 예를 들면 가정용 쓰레기, 독성 폐기물 및 하수 슬러지 소각 설비 및 발전소, 예를 들면 역청탄 연소 또는 아탄 연소 발전소와 기타 고온 공정 설비, 예를 들면 시멘트 연소 및 폐기물 동시 연소의 고온 설비 또는 병합(다단계) 고온 발전소, 예를 들면 상류 폐기물 열분해 또는 폐기물 기화의 발전소 또는 시멘트 회전 노를 의미한다. 고온 설비의 규모는 본 발명에 있어서 중요하지 않다. 본 방법의 이점은 여러 유형의 고온 설비 및 규모가 다양한 고온 공정에 적용할 수 있다는 것이다. 이것은 단지  $15 \cdot 10^3$  S.T.P. db/h의 굴뚝 가스 체적 유량을 갖는 설비, 예를 들면 하수 슬러지 소각 설비 또는  $50 \cdot 10^3$  m<sup>3</sup> S.T.P. db/h의 설비, 예를 들면 독성 폐기물 소각 설비, 또는  $150 \cdot 10^3$  m<sup>3</sup> S.T.P. db/h의 설비, 예를 들면 가정용 쓰레기 소각 설비를 포함하며, 또한 예를 들면  $2-3 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> S.T.P. db/h의 대형 발전소도 포함한다.
- <26> 본 발명의 방법에 있어서, 어떠한 형태의 공급된 브롬이 존재하느냐 하는 것은 중요하지 않다. 자유 또는 유기 결합 또는 무기 결합 브롬을 사용할 수 있다. 브롬 또는 브롬 화합물은 개별적으로 공급되거나 혼합물로 공급될 수 있다. 특히 바람직하게는 브롬화 수소의 수용액 또는 알칼리 금속 브롬화물, 특히 브롬화 나트륨, 또는 알칼리 금속 브롬화물의 수용액이 사용된다. 본 실시태양은 방법을 경제적으로 특히 유리하게 만드는데, 추가 조작 매질의 비용이 낮게 유지될 수 있기 때문이다. 또한 브롬 화합물 또는 여러 브롬 화합물이 혼합물이 브롬 풍부 폐기물, 예를 들면 소각되는 물질의 성분이거나 소각되는 물질에 첨가되는 저 또는 고 할로겐화 액체 폐기물, 예를 들면 독성 폐기물로 구성되는 실시태양이 바람직하다.
- <27> 본 발명의 방법은 황 화합물의 존재 하에 수행된다. 본 발명의 방법에 따라서 브롬 화합물을 첨가하면 수은 및 브롬이 이산화황 존재 하에 기체상으로 반응된다. 본 발명에 있어서 일반적인 연소 공정 및 기타 고온 공정에서, 일반적으로 이산화황이 형성되기 때문에, 일반적으로 본 발명의 방법에 대한 충분한 황 화합물 공급이 이루어진다. 브롬 화합물이 노에 첨가되고, 굴뚝 가스 방출 조절 시스템 상류의 굴뚝 가스 중 이산화황의 함량이 확실히 0을 초과할 때, 본 발명에 대한 충분한 공급이 이루어진다. 그러나 연소 공정 중에 이산화황이 형성되지 않거나 이산화황이 충분하게 형성되지 않는다면, 황 화합물을 공정에 공급해야 한다. 이것은 자유 또는 결합 황 형태, 예를 들면 황 과립, 폐기 황산 또는 기타 황 고 함량 폐기물일 수 있다. 특히 굴뚝 가스 중의 과도한 함량의 자유 할로젠을 줄이기 위해서, 예를 들면 존재하는 수은을 산화시키는데 필요한 양 이상으로 브롬 화합물이 공급된다면 황 화합물을 첨가할 수도 있다. 예를 들면 본 출원의 우선권 주장일에 공개되지 않았던 특허 출원 제 DE 10131464 호에 기술된 방법에 따라서 황 화합물을 폐기물 소각 설비 내 고 할로겐화 폐기물의 저-부식 저-방출 공연소를 위해 첨가할 수 있다. 이 방법에 따라서, 1차 및(또는) 2차 연소실에, 황 또는 상응하는 황 원료를 조절된 방식으로 첨가한다. 황의 양은 근본적으로 보일러 굴뚝 가스 중의 폐기물과 함께 도입되는 할로젠의 순간적인 총 함량에 비례하도록 조절된다. 첨가된 황은 연소실 내에서 연소되어, 이산화 황을 형성하고, 이것은 중간에 형성된 할로젠인 보일러 굴뚝 가스 중 자유 할로젠을 상당히 억제하고 이어서 알칼리성 스크러버 내에서 안정하게 할로젠을 결합한다. 황의 첨가는 보일러 입구 굴뚝 가스의 미리 설정된 이산화황 함량 또는 보일러 출구의, 즉 예를 들면 습윤 굴뚝 가스 방출 조절 상류의 오염된 가스의 미리 설정된 이산화황 잔류 함량이 정상상태 조작 조건의 단순한 1차 조절 순환을 통해 유지될 수 있도록 조절된다.
- <28> 특히 브롬화 나트륨이 노에 첨가될 때, 이산화황의 소비가 증가되는 것으로 관찰되는데, 이것은 고온 구역에서 브롬화 나트륨이 황화되기 때문이다.
- <29> 한편, 황 함량, 특히 이산화황의 함량이 비교적 높은 굴뚝 가스는 본 발명의 방법에 있어서 유리하지 못하다. 고 함량의 이산화황은, 예를 들면 통상적으로 0.5 내지 1중량%의 황을 포함하는 역청탄 연소의 경우 또는 중간에 형성된 자유 할로젠을 억제하기 위해 황 화합물을 조절하여 첨가하는 경우(상기 참고)에 유발될 수 있다. 고온 공정의 주어진 조건에서, 과량의 이산화황 존재 하에, 수은 산화도 또한 수행될 수 있는데, 이것은 1종 이상의 브롬 화합물을 첨가하는 본 발명의 방법에 의해 달성된다. 여기에 본 방법의 특별한 이점이 존재하는데, 염소 화합물의 첨가에 의한 것과 달리, 브롬 화합물 첨가에 의한 수은의 산화는 과량의 이산화황에 실질적으로 민감하지 않은 것으로 발견되었기 때문이다.

- <30> 브롬 화합물 및 적절하다면 황 화합물은 본 발명에 따라서 노 및(또는) 노 하류의 설비 구역 내 굴뚝 가스에 첨가되며, 브롬 화합물과 굴뚝 가스가 접촉되는 동안의 온도는 500℃ 이상, 바람직하게는 800℃ 이상이다. 브롬 화합물, 예를 들면 브롬화 나트륨은 고체 형태, 예를 들면 염으로서 또는 액체 형태, 예를 들면 수용액으로서 노 상류의 폐기물 혼합물, 석탄 또는 연소되는 기타에 첨가될 수 있다. 노 상류의 설비 구역, 예를 들면 동시 소각되는 폐기물을 열적으로 분해하는 역할을 하는 열분해 드럼, 또는 석탄 밑에도 첨가될 수 있다. 화합물은 연소 공정 도중에 공급될 수도 있다. 노가 다수의 단계, 예를 들면 1차 및 2차 노를 포함한다면, 브롬 화합물은 고체 또는 액체 형태로, 1개 또는 둘 다의 연소실, 예를 들면 회전노 및(또는) 후연소실로 도입될 수 있다. 바람직하게는, 화합물의 수용액이 하나의 연소실에 분무된다. 또한, 연소 후에도, 예를 들면 하류 폐열 보일러에 첨가될 수 있으며, 단 굴뚝 가스 온도는 충분히 높아야 하는데, 즉 500℃ 이상, 특히 800℃ 이상이다. 즉 기타 고온 공정에서, 예를 들면 시멘트 소성에 있어서, 시멘트 회전 노의 고온 오븐 상부 및(또는) 하류 시멘트 원료 밀 예열기의 연소 탈산 단계에 브롬 화합물이 공급된다.
- <31> 본 발명의 다른 실시태양에 있어서는, 브롬 화합물, 예를 들면 미세한 분산 상태의 브롬화 수소의 수용액 또는 브롬화 나트륨의 수용액을 연소 공기 및(또는) 적절하다면, 재순환 서브스트림(substream), 특히 재순환 굴뚝 가스, 재순환 재 및 재순환 플라이 애쉬(fly ash)에 공급할 수 있다.
- <32> 브롬 화합물을 첨가하여 수은을 가능한 한 완벽하게, 특히 100%로 산화시키기 위해, 브롬 화합물을 바람직하게는 10<sup>2</sup> 내지 10<sup>4</sup> 범위의 브롬 대 수은의 질량비로 첨가한다. 브롬 화합물이 아주 과량으로 첨가되어도, 본 발명의 방법에 대하여 부정적인 영향을 미치지 않는다. 그러나 적어도 비용적인 문제가 아니더라도, 아주 과도한 과량은 피해야 한다. 브롬 방출량도 일반적으로 법적으로 규제를 받기 때문에, 적절하다면 황 화합물을 첨가하여 중간에 형성된 자유 할로젠, 예를 들면 자유 브롬을 안전한 방법으로 억제하거나 결합시켜야만 한다(상기 참고).
- <33> 수은은 원칙적으로 염소 화합물 또는 요드 화합물에 의해 산화될 수 있다. 그러나, 브롬 화합물은 고온 공정의 주어진 조건, 예컨대 온도 및 특히 고 함량의 이산화황(상기 참고)에서 염소 화합물보다 효율적으로 수은을 산화시키는 것으로 발견되었다. 요드 화합물은 브롬 화합물에 비하여 보다 효율적으로 수은을 산화시킨다. 그러나, 경제적인 면 때문에, 브롬 화합물이 본 발명의 방법에 바람직하게 사용된다. 염소 화합물 또는 요드 화합물은 아마도 폐기물, 예를 들면 독성 폐기물에 존재하므로 수은 산화에 기여한다. 바람직한 실시태양에 있어서, 본 발명의 방법은 브롬 화합물을 첨가하고, 염소 및(또는) 요드 및(또는) 염소 화합물 및(또는) 요드 화합물 및(또는) 상기 화합물의 존재 하에 진행된다. 염소 화합물 및(또는) 요드 화합물은, 예를 들면 고 염소 또는 고 요드 폐기물 형태로, 첨가된 브롬 화합물의 보충물 또는 부분 대체물로서 공급될 수 있다.
- <34> 본 발명의 방법에 따르면, 브롬 화합물을 첨가하는 연소 또는 유사한 고온 공정 후의 굴뚝 가스 세척은, 굴뚝 가스로부터 산화된 수은을 가능한 한 완전하게 제거하는 것에 의해 수행된다. 특히 이온 수은을 제거하기 위한 다양한 굴뚝 가스 세척 방법이 선행기술로부터 공지되어 있다. 이들은 습윤 세척 또는 건조 세척 또는 두 방법의 조합을 기본으로 하며 다단계일 수 있다. 습윤 세척은, 예를 들면 산 세척을 포함하며, 이것은, 예를 들면 순환되는 세척수가 분무되는 켄치, 가압 노즐 스크러버 또는 회전 분무기 스크러버 또는 충전층 스크러버 중에서 수행된다. 세척은 또한 적절하다면, 예를 들면 염화 수소의 양은 적지만 이산화 황 함량이 높은 경우에, 약 산성 또는 약알칼리성 조건하에서만 수행될 수 있다.
- <35> 바람직한 실시태양에 있어서, 굴뚝 가스 방출 조절 시스템은 1개 이상의 강산성(1 미만의 pH) 및(또는) 1개 이상의 약산성 및(또는) 1개 이상의 알칼리성 세척 단계를 갖는 다단계 습윤 굴뚝 가스 세척을 포함한다.
- <36> 굴뚝 가스 방출 조절 시스템은 또한 이온 수은 화합물의 흡착을 기본으로 하는 건조 방출 조절 시스템을 포함할 수 있다. 그러한 세척은 석회유/탄소 현탁액이 충돌되는 분무-건조기 중에서의 반건조 탈황에 의해, 또는 예를 들면 과립 활성탄 또는 오븐 코크 또는 상기 흡착제의 과립 석회의 혼합물을 기재로 하는 고정층 흡착장치를 사용하여, 또는 가압 흡착장치, 예를 들면 전기 집진기(ESP)를 사용하여, 또는 불어서 미세하게 분쇄된 소화 석회/활성화 탄소 또는 소화 석회/아탄 코크 혼합물이 충돌되는 직포 필터를 사용하여 수행될 수 있다. 제올라이트도 수은 화합물을 제거하는데 적합하다. 건조 굴뚝 가스 방출 조절에 대한 추가의 이점이 본 발명의 방법에 의해 증명된다. 본 발명의 방법을 특히 습윤 굴뚝 가스 방출 조절 시스템을 갖지 않고, 단지 수은 수착 단계를 갖는 건조 방출 조절 시스템만을 갖는 설비에 사용하는 것이 특히 이롭다. 브롬화 수은 HgBr<sub>2</sub>는 염화 수은 HgCl<sub>2</sub>보다 강하게 건조 수착기에 흡착된다. 예를 들면, 수은 흡착은 ESP의 플라이 애쉬에서 강화된다.
- <37> 그러므로 굴뚝 가스 방출 조절 시스템의 바람직한 실시태양은 특히 정전 또는 분진 여과 분리기를 사용하는 1개

이상의 건조 또는 반건조 흡착을 기본으로 하는 방출 조절 단계를 포함한다.

- <38> 게다가, 존재하는 임의의 분진 분리기로부터의 수은을 포함하는 플라이 애쉬에 2차의, 바람직하게는 열처리를, 특히 200℃ 이상의 온도로 가열된 회전 드럼 중에서 수행하여 수은 함량을 감소시킨다.
- <39> 바람직하게는, 본 발명의 방법에 있어서, 굴뚝 가스의 수은 함량, 특히 금속 수은의 함량은 굴뚝 가스 방출 조절 시스템의 하류에서 연속적으로 측정하며, 공급되는 브롬 및(또는) 브롬 화합물 및(또는) 브롬 화합물의 혼합물 및 적절하다면 황 및(또는) 황 물질 및(또는) 황 물질의 혼합물의 양은 측정된 수은 함량을 기준으로 하여 조절된다. 비교적 고 함량의 굴뚝 가스 중 금속 수은은 수은의 산화가 불완전하게 진행되어 수은이 굴뚝 가스 방출 조절 시스템 중에서 불완전하게 제거되었다는 것의 지표이다. 수은을 가능한 한 완벽하게 산화시키기 위해서, 그러한 경우에는 보다 다량의 브롬 화합물을 공급해야 한다. 또한, 굴뚝 가스 방출 조절 시스템 하류의 이온 수은 함량을 측정할 수 있고 굴뚝 가스 방출 조절 시스템의 이온 수은 제거 정도를 이것으로부터 측정할 수 있다. 보일러 출구 가스의 금속 수은 함량 및 적절하다면 총 수은 함량은, 예를 들면 적절한 가스 처리 후에 차동 흡수 광도계를 사용하여 측정할 수 있다. 습윤 및(또는) 건조 굴뚝 가스 방출 조절 시스템 하류의 청정 가스 중 금속 수은 및 적절하다면 총 수은의 연속 측정도 바람직하게는 존재하는 임의의 하류 SCR(선택적 촉매 환원) 탈질소 설비 이전에 수행되는데, 금속 산화물 풍부 고정층 촉매가 상당한 양의 금속 수은을 흡착하기 때문이다.
- <40> 본 발명은 하기 실시예에서 첨부 도면을 참고로 하여 보다 상세히 설명된다.

<41> **실시예**

<42> 실시예 1-4는 도 1에 상응하는 바이엘 아게(Bayer AG, 레버쿠젠)의 특정 위험물 소각 설비에서 수행되었다. 1차 연소실로서의 회전노(3)에서 연료고(1)로부터 크레인 그랩(2)을 통한 고체 폐기물, 액체 폐기물 탱크로부터의 액체 폐기물 및 드럼 공급기를 통한 폐기물 드럼을 연소시켰다. 2차 연소실로서의 후연소실(4)에서는 액체 폐기물을 연소시켰다. 오염 보일러 가스로 지칭되는 굴뚝 가스는 폐열 보일러(5)를 통해 냉각된 다음, 켄치(6), 산성 회전 분무기 스크러머(7), 알칼리성 회전 분무기 스크러머(8) 및 증기의 부분 응축을 포함하는 정전 가스 세척 시스템(9)을 포함하는 습윤 굴뚝 가스 방출 조절 시스템(다단계 스크러머)으로 공급되었다. 청정 가스로 지칭되는 세척된 오염 가스는 흡입 팬(10)을 통하여 하류 촉매 탈질소 설비(11)(청정 가스의 암모니아에 의한 선택적 촉매 탈질소) 내로 통과되며 굴뚝(12)을 통해 이로부터 방출되었다. 금속 수은 함량(Hg<sub>met</sub>) 및 적절하다면 ESP/부분 응축 하류의 세척된 청정 가스 중 총 수은 함량(Hg<sub>tot</sub>)은 적절한 처리 후에, 측정 지점(16)에서 연속적으로 차동 흡수 광도계를 사용하여 측정되었다. 방출된 청정 가스 중 총 수은 함량(Hg<sub>tot</sub>)은 측정 지점(17), 즉 22m의 굴뚝 높이에서, 하기 차동 흡수 광도계를 사용하여, 간격을 두고 가열된 금 필름으로의 아말감 제련에 의해 반연속적으로 측정했다.

<43> 실시예 5는 슬래그-탭 연소 보일러와 건조 전기 집진기(ESP), 굴뚝 가스 탈황을 위한 석회석 기재 약산성 습윤 스크러머 및 SCR(선택적 촉매 환원) 탈질소 설비로 구성된 발전기에 전형적인 굴뚝 가스 조절 시스템으로 본질적으로 구성된 바이엘 아게(우에르딩겐)의 석탄 연소 발전기에 본 발명의 방법을 사용하는 것을 기술한다.

<44> **실시예 1**

<45> 116분 동안, 일련의 플라스틱 캡슐 중 금속 수은의 샘플(총 3400g, 표 1 참고)을 2차 연소실(후연소실(4))에 검사 포트(15)를 통해 공급했다. 공급은 대략 5-10분의 간격으로 수은의 양을 증가시키면서 수행했다. 도입된 수은은 대략 2-4분 내에 기화되므로; 대략 45 · 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> S.T.P. db/h의 체적 유량에서 보일러 굴뚝 가스에서 발생하는 순간적인 피크 수은 농도를 산정할 수 있었다. 실험 마지막에 130 · 10<sup>3</sup> μg/m<sup>3</sup> S.T.P. db 초과 피크 수은 농도를 산정할 수 있었다.

**표 1**

<46>

Hg 샘플의 첨가			
시간	Hg 양(g)	시간	Hg 양(g)
9:24	5	10:32	180
9:32	10	10:37	200
9:38	15	10:43	220

9:49	20	10:48	240
9:54	40	10:53	260
9:59	60	10:58	280
10:04	80	11:03	300
10:09	100	11:08	310
10:15	120	11:13	320
10:20	140	11:20	340
10:26	160		
<b>실험 시간[분]</b>		<b>총 Hg 양[g]</b>	
<b>116</b>		<b>3400</b>	

<47> 실험 도중에, 도 2의 곡선(22)(우측 y축)에서 알 수 있는 바와 같이,  $45 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ S.T.P. db/h}$ 의 보일러 굴뚝 가스 중 고도로 브롬화된 액체 폐기물(회전노 상부에 첨가)의 동시 연소에 의해, 대략  $4 \cdot 10^3 \text{ mg/m}^3 \text{ S.T.P. db}$ 의 브롬 함량을 유지했다(처리량 및 고도로 브롬화된 액체 폐기물의 브롬 함량을 기준으로 하여 측정). 회전 노 상부에 황 과립을 첨가하여 켄치 상류의 오염 보일러 가스 중 잔류  $\text{SO}_2$  함량을 통상적으로  $5.5 \cdot 10^3 \text{ mg/Nm}^3 \text{ S.T.P. db}$ 로 높게 설정했다(켄치 상류의 오염 보일러 가스 중  $\text{SO}_2$ 를 직접 측정). 이것은 본 발명의 방법에 대해 이산화황이 충분히 공급될 수 있었다는 것을 확인해준다. 연소를 위한 잔류 물질은 고체 폐기물 및 저 염화 용매로 구성되었다. 수은의 첨가 이전, 도중 및 후에, 측정 지점(16)에서, 즉 굴뚝 가스 방출 조절 시스템의 하류에서, 굴뚝 가스 중 수은 함량을 측정했다. 도 2의 곡선(21)(좌측 y축)은 상당한 양의 수은이 첨가되었음에도 불구하고, 스크러버를 통하여 통과되는 금속 수은의 함량은 사실상 증가되지 않았다는 것을 나타낸다.

<48> 또한 표 2는 11:30의, 즉 최종 수은 샘플 첨가 후 즉시, 그러므로 수은 최고 농도에서, 습윤 굴뚝 가스 방출 조절 시스템의 용출 세척수와 함께 배출되는 수은의 순간적인 배출 속도를 기재했다. 광범위한 폐수-면 측정은 총 수은 도입량의 대략 99.93%가 이온 수은으로서 강산성 켄치(pH 1 미만)의 폐수와 함께 배출되며 대략 0.066%는 알칼리성 회전 분무기 스크러버(pH 대략 7.5)의 폐수와 함께 배출되었다는 것을 확인한다. 총 수은 도입량의 단지 0.004%의 세척되지 않은 소량의 잔류물이 세척된 청정 가스와 함께 금속 수은으로서 배출되었다. 세척된 청정 가스에서 사실상  $\text{Hg}_{\text{ion}}$ 을 검출할 수 없었다( $\text{Hg}_{\text{ion}}=0$ , 즉 이온 수은이 완전히 세척되었으므로  $\text{Hg}_{\text{tot}}=\text{Hg}_{\text{met}}$ ).

**표 2**

<49>

11:30에서의 순간적인 수은 배출 속도[g/h]	
켄치(산성 회전 분무기 스크러버 포함)	1931
(산성 회전 분무기 스크러버, 그의 용출물은 켄치로 재순환된다)	(468)
알칼리성 회전 분무기 스크러버	1.32
ESP/응축 하류의 세척된 청정 가스	0.069

<50> **실시예 2:**

<51> 130분 동안,  $\text{HgCl}_2$  수용액을 연속적으로 2차 연소실(후연소실(4))에 후연소실 지붕의 노즐을 통해 공급했다. 첨가 속도는 여기에서 약 5분의 간격으로 상승되었다. 도 3은 대략 10:45 및 13:00 사이의 시간에 보일러 굴뚝 가스에 도입되는 수은 농도의 상승을 보여준다. 도입되는 수은은 즉시 후연소실에서 금속 수은  $\text{Hg}_{\text{met}}$ 로서 방출되었다. 보일러 굴뚝 가스 중 총 수은 농도는 이러한 방식으로  $18 \cdot 10^3 \text{ } \mu\text{g/m}^3 \text{ S.T.P. db}$ 의 값으로 상승되었다(곡선(31) 및 좌측 y축). 보일러 굴뚝 가스 중 Hg 농도를 수은 첨가 속도 및 조작 측정되는 굴뚝 가스 체적 유량으로부터 계산했다. 실험 기간 도중에, 고도로 브롬화된 액체 폐기물(회전노 상부에서 연소기를 통해 첨가)의 동시 소각에 의해, 대략  $9 \cdot 10^3 \text{ mg/m}^3 \text{ S.T.P. db}$ 의 브롬 함량이  $45 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ S.T.P. db/h}$ 의 보일러 굴뚝 가스 중에



서 유지되었다(처리량 및 동시 소각되는 고도로 브롬화된 액체 폐기물의 브롬 함량을 기준으로 하여 측정). 켄치 상류의 오염 보일러 가스의 잔류 SO<sub>2</sub> 함량은 여기에서 황 과립을 회전노 상부에 첨가하여 대략  $4 \cdot 10^3 \text{mg/Nm}^3$  S.T.P. db로 설정했다(켄치 상류의 오염 보일러 가스에서 직접 SO<sub>2</sub>를 측정). 대략 11:00 내지 13:00의 시간 동안, ESP/응축 하류의 세척된 청정 가스에 있어서, 금속 수은의 농도는  $10 \mu\text{g/m}^3$  S.T.P. db 미만인 것으로 발견되었다. 여기에서 세척된 청정 가스에서 Hg<sub>ion</sub>을 사실상 검출할 수 없었다(Hg<sub>ion</sub>=0, 즉 이온 수은의 완전한 세척, Hg<sub>tot</sub>=Hg<sub>met</sub>). 13:05에 브롬 첨가를 잠시 중지하면, Hg<sub>met</sub>의 농도는 대략  $800 \mu\text{g/m}^3$  S.T.P. db로 상승되지만, 브롬 첨가가 다시 시작되면 즉시  $10 \mu\text{g/m}^3$  미만의 그의 낮은 출발치로 복귀되었다(곡선(32) 및 우측 y축).

<52> **실시예 3:**

<53> 대략 8:30 내지 14:45의 시간 동안, 즉 675분 동안, HgCl<sub>2</sub>의 수용액을 2차 연소실(후연소실(4))에 후연소실 지붕의 노즐을 통하여 연속적으로 공급했다. 그러나 첨가되는 Hg 유량은 이 시간 동안, 대략  $9.6 \cdot 10^3 \mu\text{g/m}^3$  S.T.P. db의 보일러 굴뚝 가스 중 수은 농도에 상응하도록 일정하게 유지되었다.

<54> 이 실험 시간 동안(도 4 및 5 참고), 브롬을 고도로 브롬화된 액체 폐기물 형태로, 회전노 상부의 연소기를 통해 첨가했으나, 첨가되는 브롬 유량은 단계적으로 감소되었고, 이것은 보일러 굴뚝 가스 중 브롬 함량을 대략  $9 \cdot 10^3$ 에서 대략  $3 \cdot 10^3 \text{mg/m}^3$  S.T.P. db로 감소시켰다(도 4의 곡선(41) 및 좌측 y축). 황 과립의 첨가에 의해 야기된 오염된 보일러 가스 중 잔류 SO<sub>2</sub> 함량은 다시 이 실험 시간 도중에 대략  $4.3 \cdot 10^3 \text{mg/m}^3$  S.T.P. db로 매우 높게 선택되었다. 고도로 브롬화된 액체 폐기물에 더하여, 염화 액체 폐기물이 동시-소각되었다.

<55> 도 4 및 도 5에서 알 수 있는 바와 같이, ESP 응축 하류의 세척된 청정 가스의 수은 함량은 확실히  $2 \mu\text{g/m}^3$  S.T.P. db 미만이었다(도 4의 곡선(42) 및 우측 y축). 여기에서도 Hg<sub>ion</sub>을 세척된 청정 가스 중에서 사실상 검출할 수 없었다(Hg<sub>ion</sub>=0, 즉 이온 수은의 완전한 세척, Hg<sub>tot</sub>=Hg<sub>met</sub>). 결과적으로, 브롬 함량이  $3 \cdot 10^3 \text{mg/m}^3$  S.T.P. db(곡선(41) 및 좌측 y축)를 초과하거나 브롬/수은 질량비가  $500 \mu\text{g}$ 의 브롬/ $\mu\text{g}$ 의 수은(도 5의 곡선(51) 및 좌측 y축)을 초과하는 한, 습윤 스크러버 내 수은의 제거 정도는 확실히 99.98%를 초과했다(도 5의 곡선(52) 및 우측 y축). 13:30경에 굴뚝 가스 중 브롬 함량은  $3 \cdot 10^3 \text{mg/m}^3$  S.T.P. db로 감소되었으며, 브롬/수은 질량비는 대략  $335 \mu\text{g}$ 의 브롬/ $\mu\text{g}$ 의 수은으로 감소되었다. 습윤 스크러버 하류의 금속 수은 농도는 여기에서  $20 \mu\text{g/m}^3$  S.T.P. db(도 4의 곡선(42) 및 좌측 y축)로 상승되었으며 Hg 제거율은 99.8%로 감소되었다(도 5의 곡선(52) 및 우측 y축). 게다가 14:30 이후 즉시 잠깐 동안 염소 첨가를 중지하면 대략  $117 \mu\text{g/m}^3$  S.T.P. db의 스크러버 하류의 금속 수은 피크 농도(도 4의 곡선(42) 및 우측 y축) 및 대략 98.4%로의 제거율의 잠깐 동안의 강하(도 5의 곡선(51) 및 우측 y축)가 유도되었다. 여기에서 브롬 화합물에 비하여 염소 화합물의 효과가 비교적 적었다는 것이 명백했다.

<56> **실시예 4:**

<57> 도 6은 상기 독성 폐기물 소각 설비의 보일러 굴뚝 가스 내 수은의 산화에 대한 브롬 및 염소의 작용을 비교하는 실험을 설명한다. 본 연구에서,  $130 \mu\text{g/m}^3$  S.T.P. db의 HgCl<sub>2</sub>를 첨가하여 설정된 Hg<sub>tot</sub> 함량은  $1.35 \cdot 10^3 \text{mg/m}^3$  S.T.P. db의 보일러 굴뚝 가스 중 저염소 용매의 동시 소각에 의해 설정된 염소 함량(Cl<sub>tot</sub>) 및  $1.5 \cdot 10^3 \text{mg/m}^3$  S.T.P. db의 황 과립을 첨가하여 설정된 오염 보일러 가스 중 잔류 이산화황 함량에서 가능했다. 측정 지점(63)은 브롬 첨가 없이, 즉 단지 염소 단독에 의해 초기에 달성된, 습윤 세척기 상류의 오염 보일러 가스 중 대략 63중량%의 Hg<sub>met</sub> 중의 비율을 보여준다. 고도로 염화된 액체 폐기물이 소각되는 독성 폐기물 소각로에서의 대략 20회 작동 실험을 기초로 한 노-특이성 곡선(61)은 보일러 굴뚝 가스 중 염소 함량(Cl<sub>tot</sub>)이 증가됨에 따라 Hg<sub>met</sub> 중의 비율(Hg<sub>met</sub>/Hg<sub>tot</sub>)가 어떻게 감소되는지를 보여준다.

<58> 습윤 스크러버 상류의 오염 보일러 가스 중 대략 63중량%의 Hg<sub>met</sub> 중의 비율(x축으로서의 Cl<sub>tot</sub> 함량의 측정 지점(63) 및 x축으로서의 Br<sub>tot</sub> 함량의 측정 지점(63'))로부터 출발하여, 브롬 화합물을 양을 증가시키면서 3단계로

첨가했다( $Cl_{tot}$  함량의 함수로서의  $Hg_{met}$  중의 비율의 플롯으로부터  $Br_{tot}$  함량의 함수로서의 플롯으로의 전이를 표시하는 화살표(64)를 참고한다). 브롬화 수소 수용액 또는 브롬화 나트륨 수용액(후연소실의 지붕(14)에서 투입, 도 1)을 3단계로 첨가하여, 보일러 굴뚝 가스 중 브롬 함량을 여기에서 처음에  $0mg/m^3$  S.T.P. db에서 50, 100 및  $120mg/m^3$  S.T.P. db로 상승시켰다(x축으로서의  $Br_{tot}$  함량의 측정 지점(62)). 본 실험에서 습윤 스크러버 상류의 오염 보일러 가스 중  $Hg_{met}$  중의 비율( $Hg_{met}/Hg_{tot}$ )은 (대략 63중량%로부터 출발하여) 30중량%로 감소되었다.

<59> 이 비교는 독성 폐기물 조각로의 실시예에 있어서 염소 화합물에 비해 브롬 화합물에 의한 수은의 산화가 더 효율적이라는 것의 증거이다. 염소만을 사용하여 단지 30%의  $Hg_{met}$  중의 비율을 달성하기 위해서는,  $Cl_{tot}$  함량이 염화 곡선(61)에 따르면  $4 \cdot 10^3 mg/m^3$  S.T.P. db로 증가될 것이다. 대신에, 이것은 단지  $120mg/m^3$  S.T.P. db의 브롬을 사용하여 달성되었다. 그러므로 브롬은 염소에 비하여 약 25배의 활성을 갖는 것으로 나타났다. 이 요인을 고려하면, Hg 브롬화 곡선(65)(x축으로서의  $Br_{tot}$  함량)은 완전히 측정된 Hg 염화 곡선(61)(x축으로서의  $Cl_{tot}$  함량)에 상응한다. 이것은 발전소 굴뚝 가스의 경우에도 동일하게 적용되나, 노-특이성 Hg 염화 곡선 및 상응하는 Hg 브롬화 곡선(65)은 상당히 낮은 할로겐 함량으로 이동되었다.

<60> **실시예 5:**

<61> 도 7 및 8은 바이엘 아게(우레르딩겐)의 석탄 연소 발전기에서의 수은 제거에 대한 브롬의 효과를 보여준다(도 9 참고). 실험을 석탄 연소 발전기에서  $HgCl_2$  수용액 및 NaBr 수용액을 연소실에 첨가하여 Hg 산화에 대한 브롬의 효과를 증명하기 위해 수행했다. 발전기는 2개의 병렬 슬래그-탭 연소 보일러(91, 91')를 포함하며, 연소실의 온도는 대략  $1450^\circ C$ 이었다. 슬래그-탭 연소 보일러(91, 91')에 석탄(92,92')을 충전했다. 각각의 공기 예열기(93,93')를 통해, 신선한 공기(94,94')를 슬래그-탭 연소 보일러(91,91')에 공급했다. 오염 보일러 가스(95,95')를 전기 집진기(ESP)(96,96')를 통해 굴뚝 가스 탈황 시스템(FGD 스크러버)으로서의 분배 약산성( $pH=5.3$ ) 습윤 스크러버(97)에 공급했다. 세척된 보일러 굴뚝 가스(청정 가스)를 2개의 병렬 촉매 탈질소 설비(SCR 탈질소 설비)(98,98')에, 굴뚝(100,100')을 통해 방출되기 이전에 옮겼다. ESP에서 제거된 플라이 애쉬(99,99')를 각각의 슬래그-탭 연소 보일러의 노에 100% 재순환시켰다. 분진제거 오염 보일러 가스 중  $Hg_{met}$  및  $Hg_{tot}$ 의 함량을 ESP(96) 하류의 측정 지점(101)에서 연속적으로 측정했다.

<62> 황을 첨가하지 않았다.  $1.3 \cdot 10^3$  S.T.P. db의 보일러 굴뚝 가스 중 이산화 황의 함량은 자체 연소되는 석탄의 황으로부터만 야기된 것이다. 순수한 석탄(역청탄) 연소가 시작될 때, ESP 하류, 즉 습윤 스크러버 상류의 분진제거 오염 가스의 총 수은 함량은 단지 평균  $22.5\mu g/m^3$  S.T.P. db이었는데, 도 7의 곡선(71)(총 수은 함량  $Hg_{tot}$ )의 8:30을 참고하며, 금속 수은의 함량은 단지 평균  $8.8\mu g/m^3$  S.T.P. 이었고 도 7의 곡선(72)(금속 수은 함량( $Hg_{met}$ ))의 8:30을 참고한다. 10분 주기로 곡선(71,72) 모두가 패인 것은 ESP의 일반적인 래핑(rapping) 때문이며; 그 결과, 분진 층의 세척 후 즉시 ESP 하류의 분진제거 오염 보일러 가스에서 보다 높은 함량이 야기되었다. 9:15에 수은을 ( $HgCl_2$  용액으로서) 연소실에 첨가하기 시작하며 10:30에 연소실로 브롬을 (NaBr 수용액으로서) 첨가하기 시작했다. 곡선(73)(도 7, 우측 y축)은 수은 첨가로 인해 보일러 굴뚝 가스 중에  $Hg_{tot}$  함량이 상승되는 것을 도시한다. 대략 9:30 내지 13:00 사이에, ESP 상류에서  $HgCl_2$  첨가에 의해 야기된 굴뚝 가스 중 총 수은 함량은 대략  $220\mu g/m^3$  S.T.P. db 이상이었다(곡선(73), 우측 y축). 도 8의 곡선(81)은 NaBr 수용액을 첨가하여 유도된 보일러 굴뚝 가스 중 Br 함량의 증가를 도시한다. 10:30에 ESP 상류의 굴뚝 가스 중 브롬 함량은 초기에는  $75mg/m^3$  S.T.P. db 이상으로 증가되었으며 다시 단계적으로 감소되었다. 16:10에 대략  $43mg/m^3$  S.T.P. db로 브롬 함량이 새롭게 증가되었다. 플라이 애쉬의 슬래그-탭 연소 노로의 재순환과 플라이 애쉬에 수착된 수은 및 브롬의 재순환 때문에, 첨가 속도 및 굴뚝 가스 체적 유량(대략  $110 \cdot 10^3 m^3/mg$  S.T.P. db/h)으로부터 최소한으로 상승되었다. 따라서 ESP 상류의 오염 가스 중 실제 Hg 및 Br 함량은 약간 높았다(슬래그-탭 연소 노 및 ESP 사이의 순환).

<63> 도 7의 곡선(71) 및 (72)(좌측 y축)은 굴뚝 가스 중 수은 함량이 브롬 화합물 첨가에 의해 어떻게 현저하게 감소되는지를 보여준다. 이것은 먼저 브롬 화합물 존재하의 형성 시에 증가되며 재순환되는 플라이 애쉬에 명백

하게 흡착되는 이온 수은( $Hg_{tot}$  및  $Hg_{met}$ 의 차)에 대해 적용되지만, 두번째로 ESP 하류의 분진제거 오염 가스 중 그의 함량이, 수은을 첨가함에도 불구하고 수은 첨가 이전의 초기 함량으로 거의 감소되는 금속 수은에 더 적용된다. 10:30에서 13:00(Br 첨가의 종료 시점)를 훨씬 넘어서까지  $Hg_{met}$  함량은  $10\mu g/m^3$  S.T.P. db 미만이었다. 19:00의 브롬화 나트륨의 새로운 첨가 종료시까지  $Hg_{tot}$  함량이 현저히 증가되지 않았다. 게다가 도 8의 곡선(82)은 브롬 첨가에 의한 금속 수은 중 비율의 초기의 갑작스러운 감소를 보여준다(10:30에 대략 40중량%에서 대략 10중량%로 감소). 대략 17:00 후에 수은 및 브롬을 새롭게 첨가하면 유사한 결과가 얻어졌는데  $Hg_{met}$  중의 비율이 20:45에 대략 5중량%로 점진적으로 감소되었다. Hg 첨가 및 증가된 Hg 흡착으로 인해, 슬래그-탭 연소 노로 재순환되는 ESP 플라이 애쉬 중 Hg 함량이 초기의 대략 2-5mg/kg으로부터 실험 도중에 55mg/kg으로 상승되었다.

### 발명의 효과

<64> 본 발명의 방법에 의해 고온 설비의 굴뚝 가스로부터 수은을 실질적으로 완전히 제거할 수 있게 되었다.

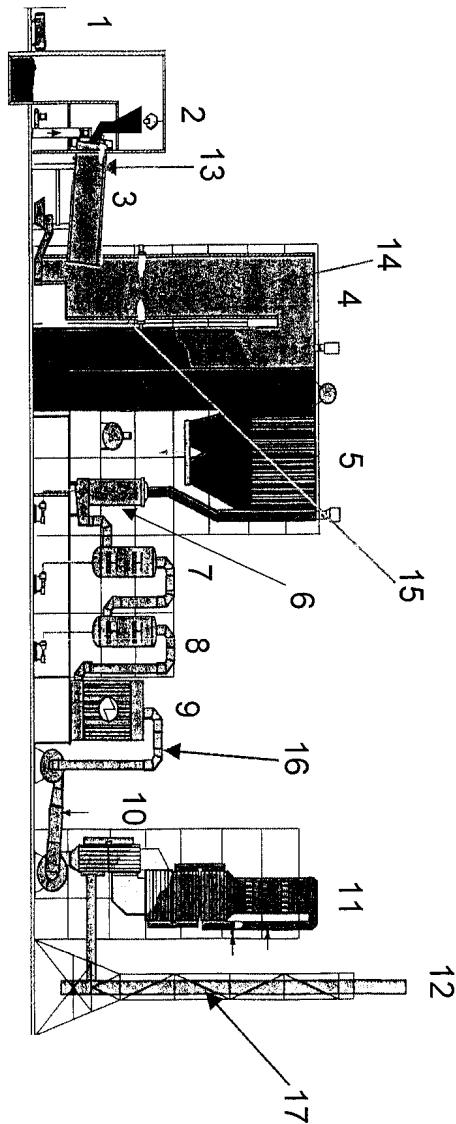
### 도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 특별한 폐기물 소각 설비의 도면이다.
- <2> 도 2는 습윤 스크러머(scrubber) 하류의 세척된 보일러 굴뚝 가스, 즉 청정 가스의 금속 수은 함량( $Hg_{met}$ )( $\mu g/m^3$  S.T.P. db)(곡선(21), 좌측 y축) 및 보일러 굴뚝 가스의 총 브롬 함량( $Br_{tot}$ )( $mg/m^3$  S.T.P. db)(곡선(22), 우측 y축)을 시간의 함수로서 도면에 기입한 것을 나타낸다.
- <3> 도 3은 습윤 스크러머 상류의 보일러 굴뚝 가스, 즉 오염 보일러 가스의 총 수은 함량( $Hg_{tot}$ )( $\mu g/m^3$  S.T.P. db)(곡선(31), 좌측 y축) 및 습윤 스크러머 하류의 청정 가스의 금속 수은 함량( $Hg_{met}$ )( $\mu g/m^3$  S.T.P. db)(곡선(32), 우측 y축)을 시간의 함수로서 도면에 기입한 것을 나타낸다.
- <4> 도 4는 습윤 스크러머 상류의 보일러 굴뚝 가스, 즉 오염된 보일러 가스의 총 브롬 함량( $Br_{tot}$ )( $mg/m^3$  S.T.P. db)(곡선(41), 좌측 y축) 및 습윤 스크러머 하류의 청정 가스의 금속 수은 함량( $Hg_{met}$ )( $\mu g/m^3$  S.T.P. db)(곡선(42), 우측 y축)을 시간의 함수로서 도면에 기입한 것을 나타낸다.
- <5> 도 5는 보일러 굴뚝 가스의 브롬 대 수은의 질량비(곡선(51), 좌측 y축) 및 다단계 습윤 스크러머에서 달성된 수은 제거 정도(%) (곡선(52), 우측 y축)를 시간의 함수로서 도면에 기입한 것을 나타낸다.
- <6> 도 6은 금속 수은 대 금속 및 이온 수은 전체의 중량비( $Hg_{met}/Hg_{tot}$ ), 즉 오염 보일러 가스의  $Hg_{met}$  중의 비율(중량%)을 오염 보일러 가스의 총 염소 함량(곡선(61)) 및 총 브롬 함량( $mg/m^3$  S.T.P. db)(곡선(62))의 함수로서 도면에 기입한 것을 나타낸다.
- <7> 도 7은 전기 집진기 하류의 분진제거 오염 가스의 총 수은 함량( $Hg_{tot}$ )(곡선(71), 좌측 y축), 전기 집진기 하류의 금속 수은 함량( $Hg_{met}$ )(곡선(72), 좌측 y축) 및 수은 첨가에 의해 유도된 보일러 굴뚝 가스의 총 수은 함량( $Hg_{tot}$ )의 증가(곡선(73), 우측 y축)를 시간의 함수로서 도면에 기입한 것을 나타낸다.
- <8> 도 8은 전기 집진기 하류의 분진제거 오염 보일러 가스의 금속 수은( $Hg_{met}$ ) 대 금속 및 이온 수은 전체( $Hg_{tot}$ )의 중량비, 즉  $Hg_{met}$  중의 비율( $Hg_{met}/Hg_{tot}$ )(중량%)(곡선(82)) 및 보일러 굴뚝 가스의 총 브롬 함량( $Br_{tot}$ )( $mg/m^3$  S.T.P. db)(곡선(81))을 시간의 함수로서 도면에 기입한 것을 나타낸다.
- <9> 도 9는 두개의 슬래그-탭(slag-tap) 연소 보일러를 갖는 공업용 발전기의 도면이다.
- <10> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <11> 1. 연료고 2. 크레인 그랩(crane grab)

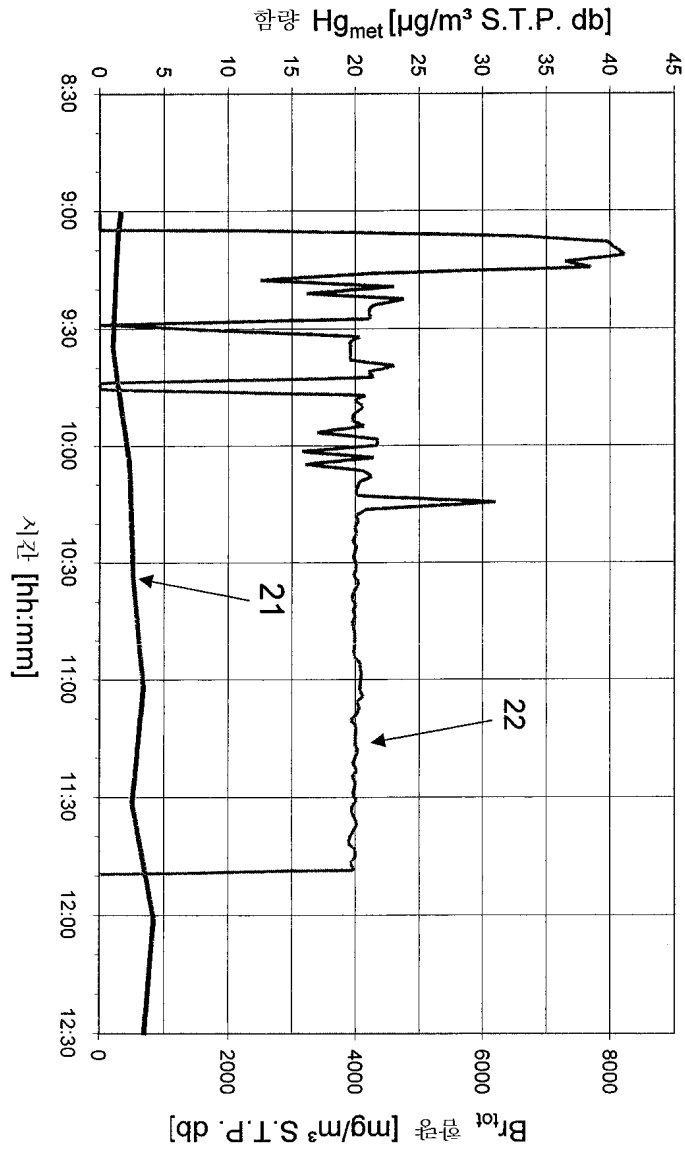
- <12> 3. 회전노
- <13> 5. 폐열 보일러
- <14> 7. 산성 회전 분무기 스크러버
- <15> 9. 전기 가스 세척 시스템
- <16> 11. 탈질소 설비
- <17> 15. 검사 포트
- 4. 후연소실
- 6. 켄치(quench)
- 8. 알칼리성 회전 분무기 스크러버
- 10. 흡입 팬
- 12. 굴뚝
- 16, 17. 측정 지점

도면

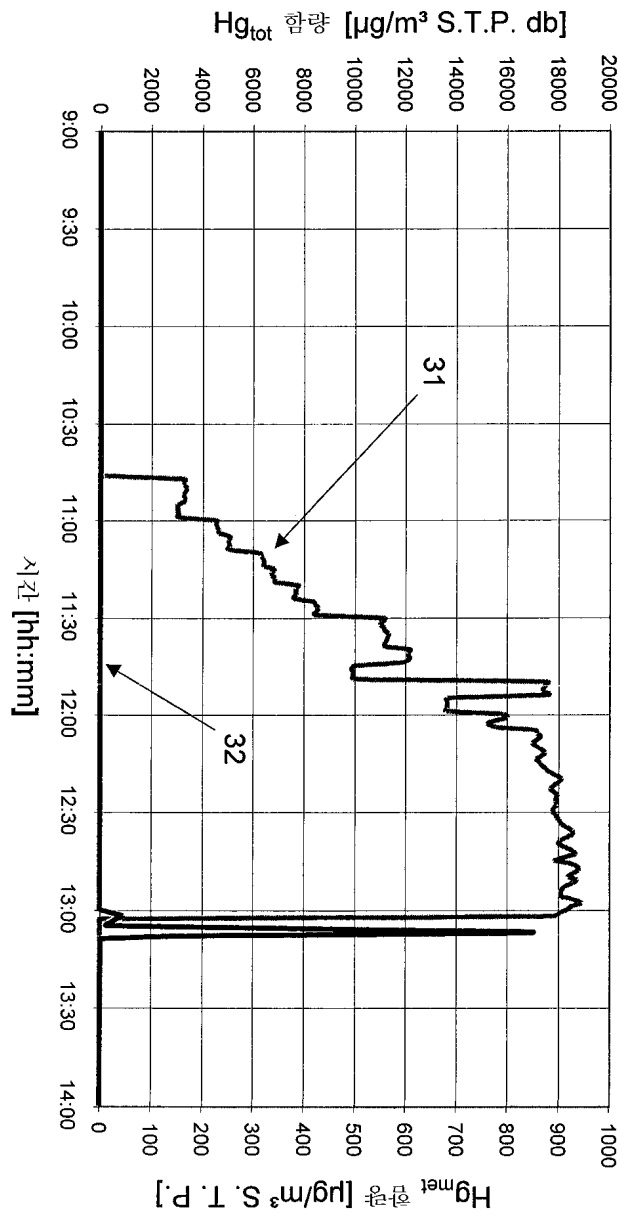
도면1



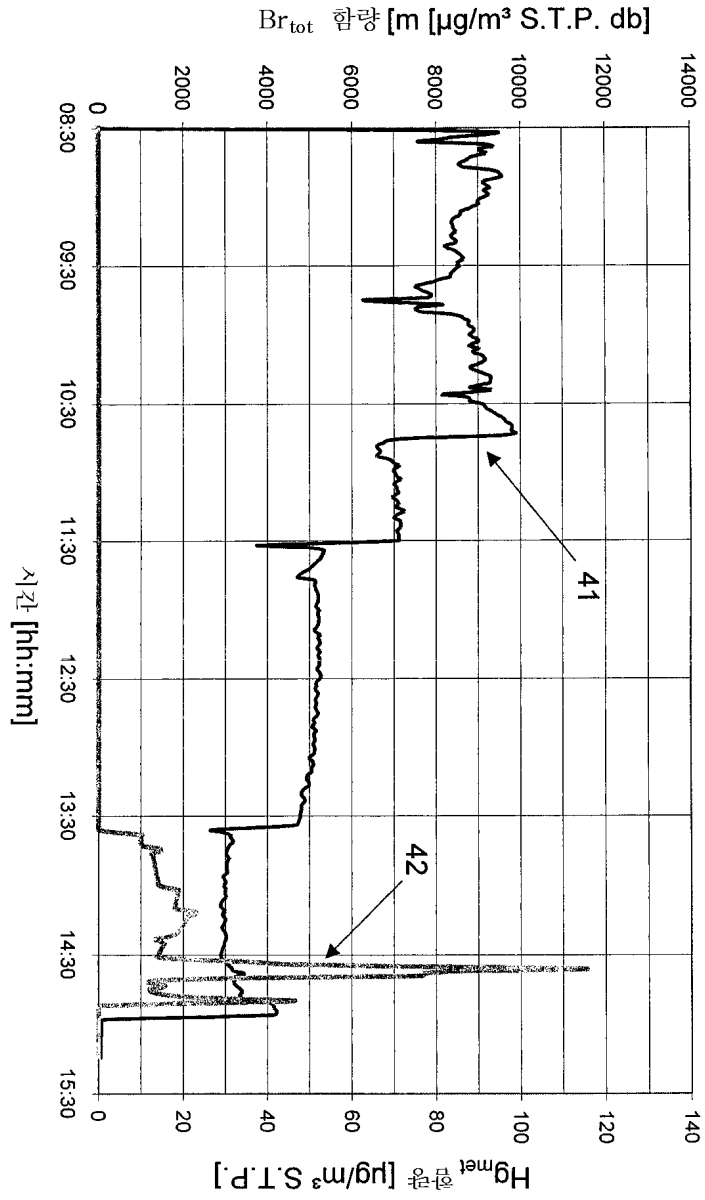
도면2



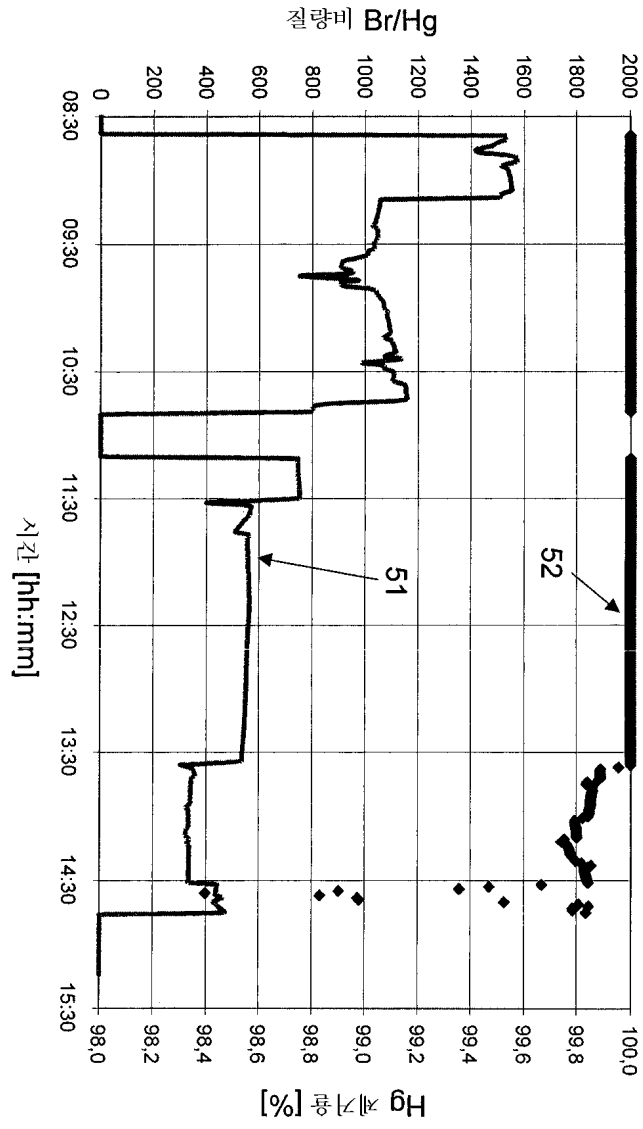
도면3



도면4

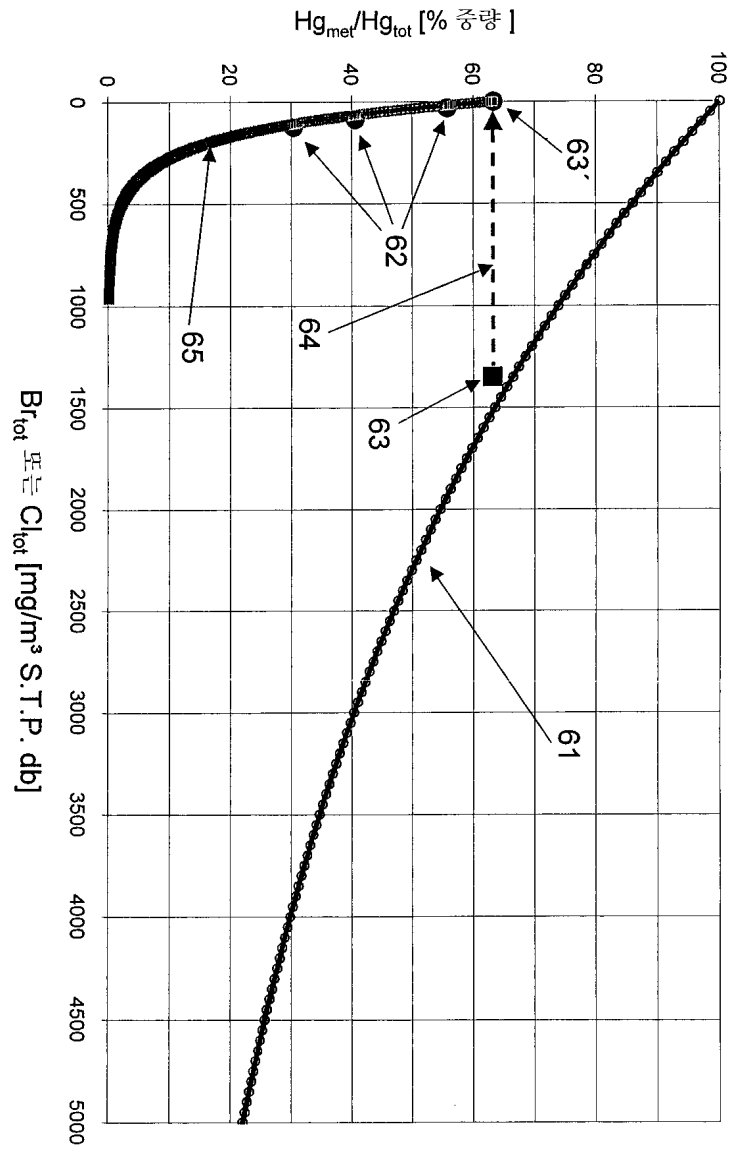


도면5

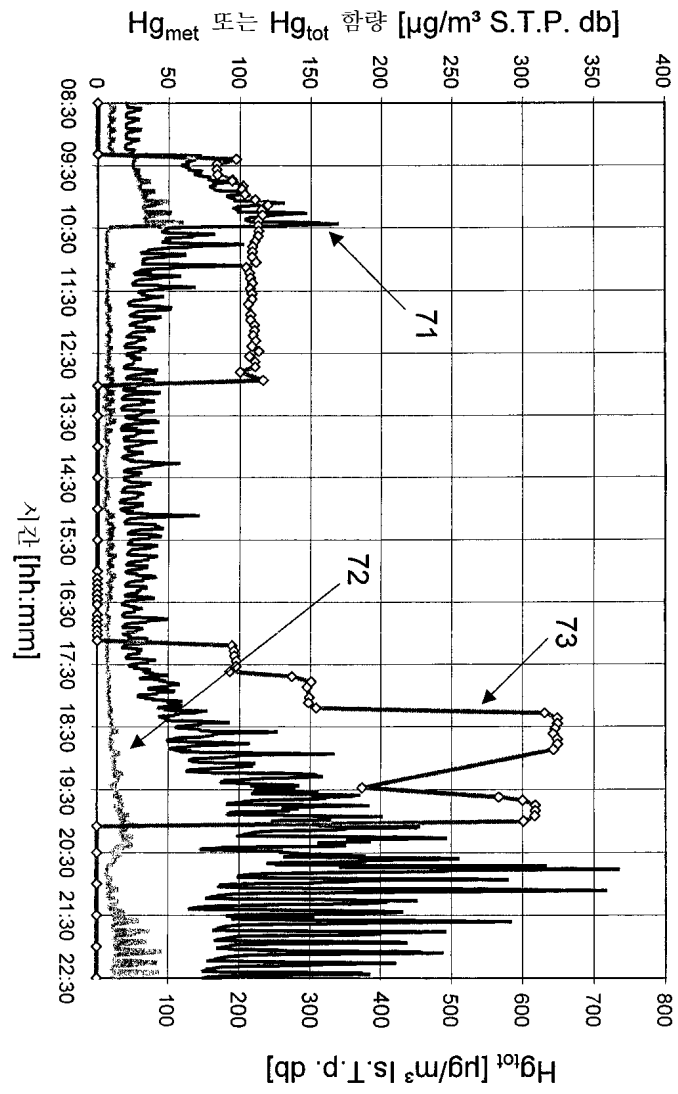




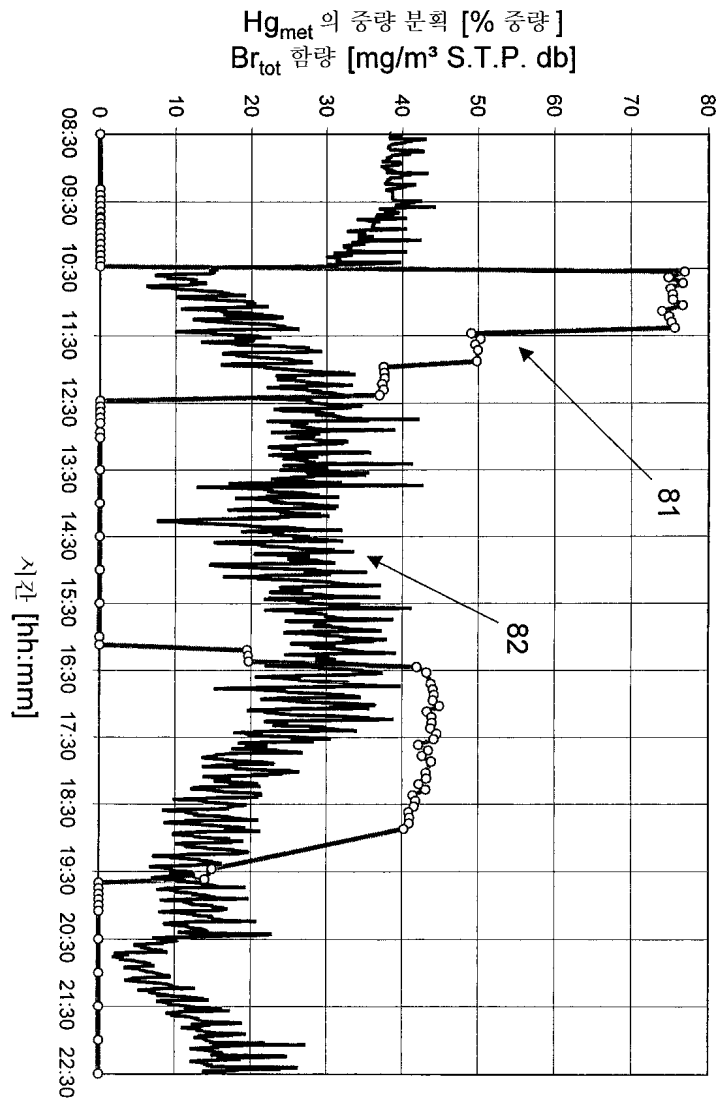
도면6



도면7



도면8



도면9

