

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶

F23G 5/00

(45) 공고일자 1999년06월15일

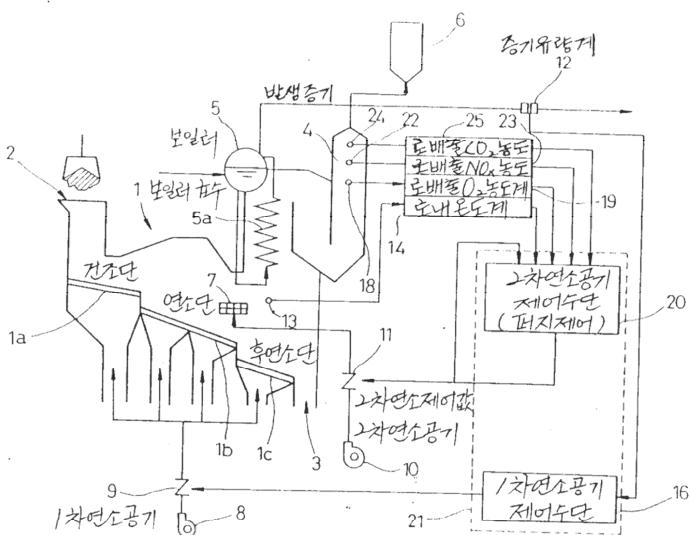
(11) 등록번호 10-0194446

(24) 등록일자 1999년02월09일

(21) 출원번호	10-1996-0019545	(65) 공개번호	특 1997-0002100
(22) 출원일자	1996년06월01일	(43) 공개일자	1997년01월24일
(30) 우선권주장	95-136734 1995년06월02일 일본(JP)		
(73) 특허권자	닛폰 고칸 가부시키가이샤 야마오카 요지로		
(72) 발명자	일본 도쿄도 지요다구 마루노우치 1-1-2 후지이 사토시		
	일본국 도쿄도 지요다구 마루노우치 1-1-2 닛폰고칸가부시키가 이샤 내 노가미 유이치		
(74) 대리인	일본국 도쿄도 지요다구 마루노우치 1-1-2 닛폰고칸가부시키가 이샤 내 손은진		

심사관 : 서재엽**(54) 쓰레기소각로의 연소제어방법 및 그 장치****요약**

본 발명은 소각로내의 O_2 농도의 변동을 억제하고, 또한 연소배가스중의 CO농도, NO_x 농도를 저감할 수 있도록 제어할 수 있는 쓰레기소각로의 연소제어방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 쓰레기소각로(1)는 소각로출구(4)에 보일러(5)를 구비하고 로내온도를 계측하는 로내온도센서(13), 배가스 O_2 농도를 계측하는 O_2 농도센서(18), NO_x 농도를 검출하는 NO_x 농도센서(22), CO농도를 계측하는 CO농도센서(24)를 구비하고, 그들 출력이 각각 로내온도계(14), 로배출 O_2 농도계(19), 로배출 NO_x 농도계(23), 로배출CO농도계(25)에 각각 입력되고 이를 계측값이 컴퓨터(21)의 2차연소공기량제어수단(20)에 공급되며, 그 2차공기량제어값을 기초로 하여 유력조절기구(11)를 개폐제어하여 2차연소공기량이 조작되어 로내온도 및 로배출 O_2 농도가 일정하게 되도록 제어되고 주연소계는 보일러(5)의 증기량을 증기유량계(12)에 의하여 계측하며 1차연소공기제어수단(16)에 의하여 유력조절기구(9)를 개폐제어하여 발열량을 제어하고 O_2 농도, CO농도, NO_x 농도를 제어하는 것을 특징으로 한다.

대표도**명세서**

[발명의 명칭]

쓰레기소각로의 연소제어방법 및 그 장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명에 관련되는 쓰레기소각로의 연소제어방법 및 그 장치를 나타내는 개관도.

제2도는 본 발명에 관련되는 연소제어방법의 제어블록도.

제3도는 본 발명에 관련되는 퍼지제어에 의한 연소제어방법의 제어블록도.

제4도는 본 발명에 관련되는 소각로내온도와 2차 연소공기량의 관계를 나타내는 도면.

제5도는 본 발명에 관련되는 배가스중의 O_2 농도와 2차연소공기량의 관계를 나타내는 도면.

제6도는 본 발명에 관련되는 배가스중의 CO 농도와 2차연소공기량의 관계를 나타내는 도면.

제7도는 본 발명에 관련되는 배가스중의 NO_x 농도와 2차연소공기량의 관계를 나타내는 도면.

제8도는 본 발명에 관련되는 퍼지제어의 입력부와 출력부를 나타내는 도면.

제9도는 본 발명에 관련되는 멤버쉽함수를 나타내는 도면.

제10도는 종래의 쓰레기소각로의 연소제어장치에 의한 CO 농도와 NO_x 농도의 제어결과를 나타내는 도면.

제11도는 본 발명에 관련되는 쓰레기소각로의 연소제어장치에 의한 CO 농도와 NO_x 농도의 제어결과를 나타내는 도면.

제12도는 본 발명에 관련되는 2차연소공기량의 제어부의 연산방법을 나타내는 도면.

제13도는 종래의 쓰레기소각로의 연소제어방법 및 그장치를 나타내는 개관도이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1 : 쓰레기소각로	1a~1c : 쇠경그레
2 : 쓰레기투입구	3 : 재 낙하구
4 : 소각로출구	5 : 보일러
5a : 열교환기	6 : 굴뚝
7 : 흡입구	9, 11 : 유량조절기구
10 : 팬	17 : 컴퓨터
14 : 소각로내온도계	15 : 냉각공기제어수단
16 : 연소공기량제어수단	

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 쓰레기소각로의 연소제어방법 및 그 장치에 관한 것이다.

쇠경그레식 쓰레기소각로는 도시청소공장에 많이 이용되는 소각로이며 쓰레기소각처리에 동반하여 발생하는 평대한 열에너지를 유효하게 회수하여 자원절약, 에너지절약화를 꾀하는 관점에서 증기터빈발전설비가 설치된 것이 많다. 이 쓰레기소각에 의한 발전에서는 안정된 발전을 실시하기 위해 안정된 연소, 즉 소각로내발열량을 일정하게 유지할 필요가 있다.

이 종류의 쇠경그레식 쓰레기 소각로에서는 일정시간에 일정량의 쓰레기를 투입하여 소각하는 일정능을 소각을 기본적인 운전방법으로 하고 있다. 소각로내발열량을 일정하게 제어하는 방법은 일정하게 쓰레기소각로에 투입되는 쓰레기투입량과, 그 투입된 쓰레기의 발열량, 즉 연소부하에 따른 상태량(예를들면 증기량)을 검출하고, 그것이 안정되도록 쓰레기소각로의 쇠경그레에 보내어지는 연소공기량을 조절하고 있다.

제12도는 종래의 쇠경그레식 쓰레기소각로와 그 연소제어계를 나타내고 있다. 동일 도면에 있어서, 쓰레기소각로(1)는 쇠경그레식(1a~1c), 쓰레기 투입구(2), 재 낙하구(3), 배가스를 방출하는 소각로출구(4), 굴뚝(6), 2차공기(냉각공기)의 흡입구(7)가 설치되고 배가스가 방출되는 소각로출구(4)에는 열교환기(5a)를 구비한 증기발생용의 보일러(5)가 설치되어 있다.

쓰레기소각로(1)에는 쇠경그레(1a~1c)에 냉각공기를 공급하는 연소공기 공급계와 소각로내에 냉각공기를 공급하는 냉각공급계가 있으며 연소공기 공급계는 팬(8)으로부터 연소공기가 댐퍼 등의 유량조절기구(9)를 통하여 쇠경그레(1a~1c)에 보내는 공급계이다. 또 냉각공기공급계는 팬(10)으로부터 댐퍼 등의 유량조절기구(11)를 통하여 직접 흡입구(7)로부터 소각로내에 보내는 공급계이다. 이들 유량조절기구(9)(11)의 개폐제어는 컴퓨터(17)에 의하여 제어되고 있다.

유량조절기구(9)는 연소공기량제어수단(16)으로부터의 제어출력값(조작량)을 기초로 하여 제어되고 있다. 보일러(5)로부터 발생하는 증기량을 증기유량계(12)로 계측하고, 그 계측값을 연소공기제어수단(16)에 입력하여 연산처리하고, 그 증기유량이 목표값을 넘는 경우는 유량조절기구(9)의 연소공기유량을 증혀서 소각로내의 발열량을 억제하여 하고, 이에 동반하여 소각로내온도도 저하한다. 또 증가유량이 목표값을 밀도는 경우에는 유량조절기구(9)의 연소공기유량을 증가시켜서 소각로내의 발열량을 높이려 하고, 이에 동반하여 소각로내온도는 상승한다.

또 유량조절기구(11)는 냉각공기제어수단(15)으로부터의 제어출력값(조작량)을 기초로 하여 제어되고 있다. 연소공기공급계만에 의한 소각로내온도를 제어하는 것은 불충분하며 소각로내온도를 보다 안정화시키기 위해서는 소각로내온도계(14)로 소각로내온도를 계측하고, 그 계측값을 냉각공기제어수단(15)에 입력하여 연산처리하고, 그 출력(냉각공기제어값)을 기초로 하여 유량조절기구(11)의 열림정도조절을 하여

소각로내온도가 일정해지도록 이루어져 있다.

종래의 쇠경그레식 쓰레기소각로에서는 주로 쇠경그레 밑에서 공급되는 연소공기량을 조작하여 보일러로부터 발생하는 증발량을 제어하는 제어수단과, 소각로내에 직접 냉각공기를 공급하여 소각로내온도를 제어하는 제어수단을 구비하고 있다. 그러나 쓰레기의 발열량의 변동이나 쇠경그레상의 쓰레기층 분포상태 등의 소각로내 상황변동으로 발생하는 소각로내온도변화를 일정하게 제어하는 것은 곤란하다.

또한 쓰레기소각로로부터 배출되는 유해물질, 예를 들면 일산화탄소(CO)나 질소산화물(NO_x)의 발생량을 같도록 낮게 억제하는 것이 어려운 문제가 있었다.

본 발명은 소각로내의 O_2 농도의 변동을 억제하고, 또한 연소배가스중의 CO농도, NO_x 농도를 저감할 수 있도록 제어할 수 있는 쓰레기소각로의 연소제어방법 및 그 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은 이하로 이루어지는 쓰레기소각로의 연소제어장치를 제공한다.

- 쓰레기소각로에 1차연소공기를 공급하는 1차연소공기공급수단;
- 쓰레기소각로에 2차연소공기를 공급하는 2차연소공기공급수단;
- 1차연소공기공급수단으로부터 쓰레기소각로에 공급되는 1차연소공기량을 연소부하에 따라서 조작하는 제어수단;
- 쓰레기소각로내의 온도를 측정하는 제1계측수단;
- 쓰레기소각로의 연소배가스중의 O_2 농도를 측정하는 제2계측수단;
- 쓰레기소각로의 연소배가스중의 CO농도를 측정하는 제3계측수단;
- 쓰레기소각로의 연소배가스중의 NO_x 농도를 측정하는 제4계측수단;
- 상기 제1계측수단으로부터 제4계측수단에 의한 계측값에 따라서 2차연소공기량을 조작하는 비선형 제어수단.

또한 본 발명의 이하의 공정으로 이루어지는 쓰레기소각로의 연소제어방법을 제공한다.

- 쓰레기소각로에 일정시간에 투입되는 쓰레기의 양에 대한 발열량에 따라서 1차연소공기량을 조작하는 공정;
- 쓰레기소각로의 소각로내온도, 연소배가스중의 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도를 측정하는 공정;
- 상기 측정공정의 계측값을 기초로 하여 비선형 제어수단에 의해 2차연소공기량을 조작하는 공정.

상기 1차연소공기량은 피드포워드제어 또는 피드백제어에 의하여 조작된다.

또한 본 발명은 이하의 공정으로 이루어지는 쓰레기소각로의 연소제어방법을 제공한다.

- 쓰레기소각로에 1차연소공기를 공급하는 1차연소공기공급수단과 2차연소공기를 공급하는 2차연소공기공급수단을 준비하는 공정;
- 1차연소공기공급수단으로부터 쓰레기소각로에 공급되는 1차연소공기량을 연소부하에 따라서 조작하는 공정;
- 쓰레기소각로의 소각로내온도, 연소배가스중의 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도를 측정하는 공정;
- 상기 측정공정의 계측값을 패러미터로 하는 함수를 기초로 한 비선형 제어수단에 의해 공급되는 2차연소공기량을 조작하는 공정.

다음으로 본 발명의 개요에 대하여 설명하면 쓰레기소각로의 소경그레에 1차연소공기를 공급하는 1차연소공기공급계와 로내에 2차연소공기를 공급하는 2차연소공기공급계와 그들의 제어계를 구비하고, 1차연소공기제어계는 연소부하에 따른 상태량을 기초로 하여 연소에 의한 발열량을 제어하여 부차적으로 소각로내온도를 대략 안정되게 하고, 또한 2차연소공기를 비선형 제어수단으로 조작하여 소각로내온도와 연소배가스의 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도를 소정 범위내에 수습하도록 제어하는 것이다.

본 발명은 2차연소공기량에 대한 소각로내온도의 관계는 제4도에 나타내는 바와 같이 소각로내온도가 2차연소공기량과 플러스의 상관특성을 갖는 영역과マイ너스의 상관특성으로 나누어지고 2개의 영역의 사이에서 최대값이 되는(예를 들면 2차연소공기량이 $4000 \sim 5000 \text{Nm}^3/\text{h}$)특성을 갖는다. 플러스의 상관특성을 갖는 영역에서는 1차연소에 의해 발생한 배가스중의 미연소분이 2차연소를 하고 2차연소공기량이 많을수록 2차연소가 활발화되기 때문에 2차연소공기와 로내온도는 플러스의 관계가 된다. 한편 1차연소에 의한 배가스중의 미연소분이 다 탄연 그 이상의 2차연소공기는 냉각공기로서 기능하기 때문에マイ너스의 관계가 된다. 또 연소배가스중의 O_2 농도와는 제5도에 나타내는 바와 같이 2차연소공기량과 플러스의 상관특성이 있다. 또 CO 농도는 제6도에 나타내는 바와 같이 2차연소공기량을 저감해감에 따라서 소각로내 산소가 부족하여 CO농도가 증대한다. 또 연소배가스중의 NO_x 농도는 제7도에 나타내는 바와 같이 2차연소공기량과 플러스의 상관특성이 있다.

이와 같은 관점에서 소각로내온도 및 배가스중의 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도를 측정하고 상기한 2차연소공기량에 대한 소각로내온도특성 및 배가스특성에 따라서 비선형제어(예를 들면 퍼지제어)하여 보다 빈틈없이 2차연소공기량을 조작함으로써 소각로내온도 및 로내의 O_2 농도를 함께 안정된 상태로 제어하고 배가스중의 CO농도, NO_x 농도를 함께 소정값보다 낮은 값으로 제어한다. 즉 1차연소공기량을 피드백제어나 피

드포워드제어에 의하여 소각로내온도를 소정의 제어목표값으로 추종제어하고, 또한 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도가 2차연소공기량과의 상관관계가 현저한 것에서 2차연소공기량을 비선형 제어하여 응답특성을 양호한 것으로 하고 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도를 제어목표값에 의해 빈틈 없이 제어할 수 있는 쓰레기소각로의 연소제어방법이다. 또 이 비선형 제어는 소각로내온도 및 배가스중의 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도를 계측값으로 하고 2차연소공기량을 조작량으로 한 조건별 증감제어나 퍼지제어로 함으로써 실현한 것인데 2차연소공기량의 제어에는 퍼지제어가 가장 적합하다.

이하 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 설명한다. 제1도는 본 발명에 관련되는 쓰레기소각로 및 그 연소제어방법의 한 실시형태를 나타내는 도면이다. 동일 도면은 쇠강그레식 쓰레기 소각로(1)이며 쇠강그레(1a~1c), 쓰레기투입구(2), 재 낙하구(3), 연소배가스가 방출되는 소각로출구(4), 소각로출구(4) 근처에는 증기발생용 보일러(5), 연소배가스를 소각로 밖으로 방출하는 굴뚝(6) 및 2차연소공기가 공급되는 흡입구(7)가 구비되어 있다.

쓰레기투입구(2)로부터 쓰레기소각로(1)내에 투입된 쓰레기는 쇠강그레(1a~1c)의 아래에서 날아오르는 1차연소공기에 의해 건조, 연소단계를 거쳐서 소각되고 재 낙하구(3)로부터 재로서 소각로 밖으로 배출된다. 또 흡입구(7)로부터 소각로내에 2차연소공기가 공급되어 소각로내온도 및 배가스중의 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도가 제어되고 있다.

연소에 의하여 발생한 연소배가스는 소각로출구(4)로부터 굴뚝(6)으로 인도되어 소각로 밖으로 방출된다. 그 때에 그 고온의 연소배가스는 열교환기(5a)를 가열하여 보일러(5)내의 물을 비등시켜서 그 증기를 열공급, 발전 등에 이용하고 있다.

이 쓰레기소각로(1)는 1차연소공기와 2차연소공기의 2계통의 연소공기공급계를 구비하고, 1차연소공기공급계는 팬(8)으로부터 댐퍼 등의 유량조절기구(9)를 통하여 쇠강그레(1a~1c)에 연소공기를 보내는 계통이며 2차연소공기공급계는 팬(10)으로부터 댐퍼 등의 유량조절기구(11)를 통하여 2차연소공기를 직접 흡입구(7)로부터 소각로내에 불어 넣는 계통이다.

1차 및 2차연소공기는 컴퓨터(21)에 의한 1차연소공기제어수단(16) 및 2차연소공기제어수단(20)으로부터의 제어값에 의하여 유량조절기구(9)(11)를 개폐제어하여 그들의 유량이 설정되어 있다. 1차연소공기제어계는 보일러(5)의 증기유량을 증기유량계(12)로 계측하여 그 계측값을 1차연소공기제어수단(16)으로 연산처리하고 유량조절기구(9) 개폐제어하는 제어계이다. 또 2차연소공기제어계는 소각로내온도센서(13)에 의하여 소각로내온도를 검출하고, 또한 소각로출구(4)내에 설치한 O_2 농도센서(18), NO_x 농도(22), CO 농도센서(24)에 의하여 각각 배가스중의 O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도를 각각 검지하고 그들의 출력을 각각 소각로내온도계(14), 소각로배출 O_2 농도계(19), 소각로배출 NO_x 농도계(23), 소각로배출 CO 농도계(25)에 입력하고 이들의 계측값을 2차연소공기제어수단(20)에 입력하여 연산처리하고, 이들의 계측값을 기초로 하여 유량조절기구(11)를 개폐제어한다.

다음으로 1차연소공기제어수단(16)과 2차연소공기제어수단(20)의 제어계에 대하여 제2도 및 제3도의 제어를록을 참조하여 설명한다. 제2도는 증기량을 안정화시키기 위한 1차연소공기제어수단에 소각로내온도, 소각로내 O_2 농도안정 및 소각로배출 NO_x 농도, CO 농도를 억제하기 위한 2차연소공기제어를 조건별 증감제어로 한 2차공기제어수단을 조합한 제어계이며 제3도는 같은 목적의 2차공기제어수단을 퍼지제어계로 한 경우이다.

1차연소공기제어수단(16)에 대하여 제2도를 기초로 하여 설명하면 증기량 목표값과 쓰레기소각로의 연소프로세스(A2)로부터 얻어지는 증기량과의 증기량 편차에 의하여 1차연소공기량이 1차연소공기량제어부(A1)에서 피드포워드 내지 피드백에 의한 비례·적분제어되고, 그 1차연소공기제어 출력값에 의하여 쓰레기소각로의 연소프로세스(A2)에 대한 1차연소공기 흡입량을 조작하여 증기량을 제어하고 있다.

1차연소공기량제어부(A1)에서는 (1)식에 나타내는 연산식을 기초로 하여 1차연소공기제어출력값(F1)이 산출되고 있다.

$$F1 = (100/PB) \times (1 + 1/Tis) \times (STMset - STMnow) \dots \dots (1)$$

(다만 F1은 1차연소공기제어출력값, STMset은 증기목표값, STMnow는 증기량계측값이다. 또 PB는 비례계인, Ti는 적분계인을 나타내는 조정파라미터이며 s는 라플라스연산자를 나타낸다.)

(1)식에 의하여 산출된 1차연소공기제어출력값(F1)에 의하여 1차연소공기량을 제어하는 유량조절기구(9)의 열림정도가 조절되고 소각로에 공급되는 1차연소공기량이 제어되고 있다.

또 2차연소공기제어수단(20)에서는 쓰레기소각로의 연소프로세스(A2)로부터의 소각로내온도와 소각로내온도목표값의 소각로내온도편차값, 소각로배출 O_2 농도와 소각로배출 O_2 농도에 관한 설정값의 비교, 소각로배출 NO_x 농도와 소각로배출 NO_x 농도설정값의 비교 및 CO 농도값과 CO 농도설정값의 비교에 의하여 2차연소공기량제어부(A3)에서 조건별로 증감제어되고, 그 2차연소공기제어출력값에 의하여 쓰레기소각로의 연소프로세스(A2)의 소각로내온도 및 소각로배출 O_2 농도, NO_x 농도, CO 농도가 제어되고 있다.

다음으로 2차연소공기량제어부(A3)의 제어방법에 대하여 보다 상세히 설명한다. 제2도의 실시형태는 조건별 증감제어이다. 그 설명 전에 소각로내온도, O_2 농도, CO 농도, NO_x 농도와 2차연소공기량의 관계에 대하여 제4도 내지 제7도를 참조하여 상세히 설명한다.

2차연소공기는 제4도에서 명백한 바와 같이 2차연소공기로서 기능하는 2차연소영역과 냉각공기로서 작용

하는 냉각영역이 있다. 2차연소영역은 $4000\text{Nm}^3/\text{h}$ 미만의 영역이며, 이 연소영역은 2차연소가 활발화하여 소각로내온도가 상승하는 영역이다. 또한 2차연소공기량의 증가에 동반하여 대개 $4000\sim5000\text{Nm}^3/\text{h}$ 의 영역에서는 2차연소공기량에 의한 소각로내온도상승이 최대영역에 도달하는 영역이다. 또한 2차연소공기량이 증가하여 예를 들면 $5000\text{Nm}^3/\text{h}$ 이상이 되면 소각로내온도가 저하하는 냉각영역이 있다.

또 배가스중의 O_2 농도와 2차연소공기량의 관계는 제5도에 나타내는 바와 같이 2차연소공기량이 증가함에 따라서 배가스중의 O_2 농도가 상승하여 2차연소공기량과 O_2 농도의 사이에 플러스의 상관관계가 존재한다.

또 배가스중의 CO 농도와 2차연소공기량의 관계는 제6도에 나타내는 바와 같이 2차연소공기량이 증가함에 따라서 배가스중의 CO 농도는 저하하고 2차연소공기량과 CO 농도에는 마이너스의 상관관계가 존재한다.

또 배가스중의 NO_x 농도와 2차연소공기량의 관계는 제7도에 나타내는 바와 같이 2차연소공기량이 증가함에 따라서 배가스중의 NO_x 농도는 증가하고 2차연소공기량과 NO_x 농도에는 플러스의 상관관계가 존재한다. 이와 같은 현상을 이용하여 2차연소공기량제어부(A3)에서 2차연소공기량을 제어한다. 2차연소공기량제어부(A3)에서는 소각로내온도편차가 마이너스 또는 플러스인가를 소정의 편차값으로 판정하고 2차연소공기량이 연소영역(예를 들면 함수값을 $4000\text{Nm}^3/\text{h}$ 미만으로 설정), 경계영역(예를 들면 $4000\sim5000\text{Nm}^3/\text{h}$ 로 설정) 또는 냉각영역(예를 들면 함수값을 $5000\text{Nm}^3/\text{h}$ 이상으로 설정)에 있는지를 판단하여 그들 2개의 조건판단의 결과로부터 2차연소공기량을 늘리는지 줄이는지 하는 조건별 증감제어를 실시한다.

또 NO_x 농도 및 CO 농도가 상한값을 넘고 있는지 아닌지가 판정되고 NO_x 농도가 상한값을 넘고 있는 경우는 2차연소공기량을 일정량 줄여서 CO 농도가 상한값을 넘고 있는 경우는 2차연소공기량을 일정량 증가시키도록 조절하여 NO_x 농도 및 CO 농도의 상승을 억제하도록 제어한다.

이하에 표 1을 기초로 하여 2차연소공기량제어부(A3)의 2차연소공기량의 제어방법에 대하여 상세히 설명한다. 2차연소공기량은 (1)에서 (10)의 조건으로 차례로 연산 및 검출하고, (8)에서 (10)의 조건을 만족하는 경우는 화살표시(→)로 나타낸 제어를 차례로 실행한다.

[표 1]

(2차연소공기량의 제어방법)	
(1)로내온도편차가 마이너스이며, 또한 →	2차연소공기량을 일정량 줄인다. (로내온도를 올리기 위해)
2차연소공기량이 냉각영역에 있는 경우,	(로내온도를 올리기 위해)
(2)로내온도편차가 플러스이며, 또한 →	2차연소공기량을 일정량 증가한다. (로내온도를 내리기 위해)
2차연소공기량이 연소영역에 있는 경우,	(로내온도를 내리기 위해)
(3)로내온도편차가 마이너스이며, 또한 →	2차연소공기량을 일정량 증가한다. (로내온도를 올리기 위해)
2차연소공기량이 연소영역에 있는 경우,	(로내온도를 올리기 위해)
(4)로내온도편차가 플러스이며, 또한 →	2차연소공기량을 일정량 줄인다. (로내온도를 내리기 위해)
2차연소공기량이 경계영역에 있는 경우,	(로내온도를 내리기 위해)
(5)로내온도편차가 플러스이며, 또한 →	2차연소공기량을 일정량 줄인다. (산소농도가 높고 NO_x 농도 저한 산소농도가 일정값 미만인 경우 하 CO 농도가 높아지지 않는다)
2차연소공기량이 경계영역에 있으며, 또	(산소농도가 높고 NO_x 농도 저한 산소농도가 일정값 미만인 경우 하 CO 농도가 높아지지 않는다)
(6)로내온도편차가 플러스이며, 또한 →	2차연소공기량을 일정량 증가한다. (NO_x 농도를 사용하여 로내온도를 한 산소농도가 일정값 미만인 경우, 내리기 위해)
2차연소공기량이 경계영역에 있으며, 또	(NO_x 농도를 사용하여 로내온도를 한 산소농도가 일정값 미만인 경우, 내리기 위해)
(7)로내온도편차가 마이너스이며, 또한 →	현재의 2차연소공기량을 유지한다. (2차연소공기량을 늘려도 줄여도 로내온도가 내려가기 때문)
2차연소공기량이 경계영역에 있는 경우,	(2차연소공기량을 늘려도 줄여도 로내온도가 내려가기 때문)
(8)산소농도가 상한설정값을 웃돈 경우 →	2차연소공기량을 일정량 증가한다. (산소농도를 올리기 위해)
NO_x 농도가 하한설정값을 밀돈 경우 →	2차연소공기량을 일정값 줄인다. (NO_x 농도를 내리기 위해)
(10) CO 농도가 상한설정값을 넘은 경우 →	2차연소공기량을 일정값 증가한다. (CO 농도를 내리기 위해)

또한 표 1에 나타낸 제어방법은 (1)~(6)은 로내온도편차에 대한 것이고 2차연소공기량을 증감시키는 제어이며 2차연소공기량의 일정값을 1주기마다의 증분량 또는 감분량을 조정하는 제어공정이다. (7)은 2차연소공기량을 현상유지하는 제어공정을 나타내고 있다. (8)은 산소농도의 제어에 대한 것이며, (9)는 NO_x 농도상한설정값에 대한 것, (10)은 CO 농도상한설정값에 대한 제어공정을 나타내고 있다. 이를 제어를 개별적으로 설정할 수 있는 것으로 한다.

다음으로 2차연소공기량의 제어부(2차연소공기제어수단(20))의 연산방법에 대하여 제12도의 흐름도를 기초로 하여 설명한다. 제어대상으로부터의 계측값이 일정주기로 샘플링되고 그들 계측값을 기초로 하여 2차연소공기량이 제어되고 있다. 제12(a)도~제12(d)도는 표 1에 나타낸 2차연소공기량의 구체적인 제어방법을 흐름도에 도시한 것이며 이를 흐름도에는 표 1의 각 제어방법 (1)~(10)이 (1)~(10)으로서 도시되어 있다.

제12(a)도는 표 1의 각 제어방법 (1)~(7)을 산출하는 제어방법을 나타내고 있으며 제12(b)도는 표 1의 제어방법 (8), 제12(c)도는 표 1의 제어방법 (9), 제12(d)도는 표 1의 제어방법 (10)을 나타내고 있다. 제12(a)도~제12(d)도는 start1, start2, start3 및 start4로부터 제어를 개시하여 흐름도에 따라서 각 조건을 만족하고 있는지 아닌지를 판단하고 각 제어항목에 대한 최종적인 2차연소공기량의 조정 패러미터($z1\sim z4$)의 값이 결정된다. 2차연소공기량 출력값은 이하의 식에 나타내는 바와 같이 2차연소공기량 출

력값의 전회값($P_2(k-1)$) 및 조정 패러미터($z_1 \sim z_4$)로부터 2차연소공기 출력값의 이번회값(어떤주기의 2차연소공기재여량)($F_2(k)$)이 산출되고 있다.

조정패러미터(z_1 ~ z_4)는 제12(a)도~제12(d)도의 흐름도를 기초로 하여 산출된다. 제12(a)도~제12(d)도에 있어서, Te 는 소각로내온도편차, $F_{2_{now}}$ 는 2차연소공기량, 0_2 는 산소농도, NO_x 는 NO_x 농도 C_0 는 C_0 농도를 나타낸다. 또 C_1 과 C_2 는 2차연소공기량이 연소영역, 경계영역, 냉각영역을 판별하는 조정패러미터이다. 0_{x1} 은 산소농도의 상한 설정값을 판별하는 조정패러미터이고, 0_{x2} 는 산소농도의 하한설정값을 판별하는 조정패러미터이며, NO_{x1} 은 NO_x 농도의 상한설정값을 판별하는 조정패러미터이고, C_0 는 C_0 농도의 상한설정값을 판별하는 조정패러미터이다. y_1 ~ y_{10} 은 2차연소공기량의 증가분, 감소분량을 주는 조정패러미터이다.

제12(a)도에 대하여 설명하면, 우선 스텝S1에서는 소각로내온도편차(Te)가 제어조건($Te \leq 0$)에 의하여 판정되고 제어조건($Te \leq 0$)을 만족하는 경우는 스텝S2로 진행한다. 스텝S2에서는 2차연소공기량이 제어조건($F_{2,nw} \geq C_2$)을 만족하는 경우는 조정패러미터($z1$)를 $y1$ 으로 한다. 스텝S2의 제어조건($F_{2,nw} \geq C_2$)을 만족하지 않는 경우는 스텝S3로 진행하고 제어조건($F_{2,nw} \leq C_1$)이 판정된다. 제어조건($F_{2,nw} \leq C_1$)을 만족하는 경우는 조정패러미터($z1$)를 $y3$ 로 하고 제어조건($F_{2,nw} \leq C_1$)을 만족하지 않는 경우는 조정패러미터($z1$)를 $y7$ 로 한다. 스텝S1의 제어조건($Te \leq 0$)을 만족하지 않는 경우는 스텝S4로 진행한다. 스텝S4의 제어조건($F_{2,nw} \geq C_2$)을 만족하는 경우는 조정패러미터($z1$)를 $y2$ 로 하고 제어조건($F_{2,nw} \geq C_2$)을 만족하지 않는 경우는 스텝S5로 진행한다. 스텝S5에서는 제어조건($F_{2,nw} \leq C_1$)이 판정되고 만족되는 경우는 조정패러미터($z1$)를 $y4$ 로 하고 제어조건($F_{2,nw} \leq C_1$)을 만족하지 않는 경우는 스텝S6으로 진행한다. 스텝S6에서는 제어조건($02 \geq 0, 1$)이 판정되고, 이 제어조건을 만족하는 경우는 조정패러미터($z1$)를 $y5$ 로 하고, 이 제어조건을 만족하지 않는 경우는 조정패러미터($z1$)를 $y6$ 로 한다.

제12(b)도는 산소농도에 의한 2차연소공기량의 제어를 나타내는 흐름도이다. 소정의 주기로 계측된 산소농도의 02가 산소농도의 하한설정값(0,2)보다 낮은 온도인지 아닌지를 판정하는 제어조건(020_x2)에 의하여 판정하고, 이 제어조건을 만족하는 경우는 조정패러미터(z2)를 y8로 하고 만족하지 않는 경우는 조정패러미터(z2)는 0으로 한다. 제12(c)도는 NO_x농도에 의하여 2차연소공기량의 제어를 나타내는 흐름도이다. 소정의 주기로 계측된 NO_x농도(NO_x1)가 NO_x농도의 상한설정값(NO_x1)보다 높은 농도인지 아닌지를 판정하는 제어조건(NO_xNO_x1)에 의하여 판정하고, 이 제어조건을 만족하는 경우는 조정패러미터(z3)를 y9로 하고 만족하지 않는 경우는 조정패러미터(z3)는 0으로 한다. 제12(d)도는 CO농도에 따라서 2차연소공기량의 제어를 나타내는 흐름도이다. 소정의 주기로 계측된 CO농도가 CO농도의 하한설정값(NO_x1)보다 낮은 농도인지 아닌지를 판정하는 제어조건(COCO1)에 의하여 판정하고, 이 제어조건을 만족하는 경우는 조정패러미터(z4)를 y10으로 하고 만족하지 않는 경우는 조정패러미터(z4)는 0으로 한다.

제 12 도의 흐름도에 따라서 산출된 조정파라미터($z_1 \sim z_4$)의 값이 (2)식에 대입되어 2차연소공기량 출력력 $\Delta F_2(k)$ 이 산출된다.

다음으로 본 발명의 다른 실시형태에 대하여 설명한다. 이 실시형태는 2차연소공기량제어(A3)가 퍼지제어이며 제3도의 제어블록을 기초로 하여 설명한다. 퍼지제어의 루울은 표 2에 나타내어져 있다.

[표 2]

(2차 연소 공기량의 퍼지제어 방법)	
(1)로내온도편차가 마이너스이며, 또한 2차연소공기량이 냉각영역에 있는 경우,	로내온도편차가 작을 수록 및 2차연소공기량이 경계영역에 가까울 수록 작은 값이 되는 2차연소공기량감량분을 계산한다. (로내온도를 올리기 위해)
(2)로내온도편차가 플러스이며, 또한 2차연소공기량이 냉각영역에 있는 경우,	로내온도편차가 작을 수록 및 2차연소공기량이 경계영역에 가까울 수록 작은 값이 되는 2차연소공기량증량분을 계산한다. (로내온도를 내리기 위해)
(3)로내온도편차가 마이너스이며, 또한 2차연소공기량이 연소영역에 있는 경우,	로내온도편차가 작을 수록 및 2차연소공기량이 경계영역에 가까울 수록 작은 값이 되는 2차연소공기량증량분을 계산한다. (로내온도를 올리기 위해)
(4)로내온도편차가 플러스이며, 또한 2차연소공기량이 연소영역에 있는 경우,	로내온도편차가 작을 수록 및 2차연소공기량이 경계영역으로부터 멀어져 있을 수록 작은 값이 되는 2차연소공기량감량분을 계산한다. (로내온도를 내리기 위해)
(5)로내온도편차가 플러스이며, 또한 2차연소공기량이 경계영역에 있으며, 또한 산소농도가 높은 경우	로내온도편차가 작을 수록 및 2차연소공기량이 경계영역으로부터 멀어져 있을 수록 작은 값이 되는 2차연소공기량증량분을 계산한다. (2차연소영역을 사용하여 로내온도를 내리기 위해)
(6)로내온도편차가 플러스이며, 또한 2차연소공기량이 경계영역에 있으며, 또한 산소농도가 높지 않은 경우,	로내온도편차가 작을 수록 및 2차연소공기량이 경계영역으로부터 멀어져 있을 수록 작은 값이 되는 2차연소공기량증량분을 계산한다. (냉각영역을 사용하여 로내온도를 내리기 위해)
(7)로내온도편차가 마이너스이며, 또한 2차연소공기량이 경계영역에 있는 경우,	현재의 2차연소공기량을 유지한다. (2차연소공기량을 늘려도 줄여도 로내온도가 내려간다)
(8)산소농도가 하한설정값을 밀دون 경우	하한설정값으로부터의 밀도는 쪽이를 수록 큰 값이 되는 2차연소공기량증량분을 계산한다.
(9)NO _x 농도가 상한설정값을 넘는 경우	상한설정값으로부터의 넘는 쪽이를 수록 큰 값이 되는 2차연소공기량증량분을 계산한다.
(10)CO농도가 상한설정값을 넘은 경우	상한설정값으로부터의 넘는 쪽이를 수록 큰 값이 되는 2차연소공기량증량분을 계산한다.

제8도는 표 2의 루울(1)~(10)을 도시한 것이며, 이들 루울(1)~(10)의 연산은 제9도에 나타낸 전건부멤버쉽함수를 기초로 하여 실시된다. 2차연소공기량제어수단(20)에 의하여 구해진 각 루울의 후건부추론결과를 통합하여 루울전체의 추론결과(2차연소공기량제어값)가 출력된다. 이 제어출력값을 기초로 하여 유량조절기구(9)가 조절되어 2차연소공기량이 제어되고 있다. 각 루울의 후건부추론결과의 통합에는 퍼지연산의 일반적인 수법, 예를 들면 min-max중심법 또는 product-sum중심법용 등이 이용된다.

또 표 2의 루울(1)~(10)의 각 연산결과는 조건을 만족하지 않는 경우는 그 출력을 0으로 하고 각 루울(1) 내지 (10)의 연산결과는 그들 연산결과의 합에 의하여 2차연소공기량의 변화분을 산출하여 2차연소공기량이 조절된다. 이들 루울(1)~(10)까지의 연산은 연속하여 구해진다.

또한 루울(4)과 (8)에서 서로 상반되는 방향의 2차연소공기량의 변화분의 연산값이 계산된다. 따라서 최종적인 출력은 가산값에 의해 2차연소공기량을 증가하거나 감소시키거나 또는 현상유지가 되도록 2차연소공기량이 조작되고 있다.

구체적인 퍼지제어를 적용한 경우의 2차연소공기의 제어부의 연산방법을 제9도의 전건부멤버쉽함수를 이용하여 나타낸다. 우선 전건부 적합도에 대하여 계산한다. 소각로내온도편차의 측정값(Te)은 동일(a)도의 전건부멤버쉽함수에 있어서, 「소각로내온도편차가 마이너스이다」라는 조건에 대한 적합도는 a이다. 똑같이 「0」에 대해서는 적합도는 a, 「플러스」에 대해서는 적합도는 a(「0」)이다. 동일(b)도의 전건부멤버쉽함수에 있어서 소각로출구(0)농도에서는 측정값이 02이고, 「고」라는 조건에 대한 적합도는 b(「0」)이며 「적」에 대하여 적합도는 b(「1」), 「저」에 대한 적합도는 b(「0」)이다. 2차연소공기량 현재값에 대해서는 동일(c)도의 전건부멤버쉽함수에 있어서, 측정값이 F2이며, 「소」라는 조건에 대한 적합도는 c이고 「한가운데」에 대한 적합도는 c이며 「대」에 대한 적합도는 c(「0」)이다. 소각로출구(NO)농도에 대해서는 동일(d)도의 전건부멤버쉽함수에 있어서, 측정값이 NO이고 「높은」조건에 대한 적합도는 d이며 「적」에 대한 적합도는 d이다. 소각로출구(CO)농도에 대해서는 동일(e)도의 전건부멤버쉽함수에 있어서, 측정값이 CO이고 「높은」조건에 대한 적합도는 e(「0」)이고 「적」에 대한 적합도는 e(「1」)이다.

지금부터 제8도의 규칙①에 적합도(X)를 식(3)에 의해 계산한다. 규칙①은 「소각로내온도편차가 마이너스, 2차연소공기량 현재값이 대」이기 때문에 적합도(a)또한 c이다.

똑같이 규칙 ②~⑩에 대한 적합도 ($X \sim X$) 를 이하의 식 (4)~(12)에 의하여 계산식에 의하여 산출한다.

$$\text{규칙 ①의 적합도 } X_1 = a_1 \times c_3 \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{규칙 ②의 적합도 } X_2 = a_3 \times c_3 \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{규칙 ③의 적합도 } X_3 = a_1 \times c_1 \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{규칙 ④의 적합도 } X_4 = a_3 \times c_1 \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{규칙 ⑥의 적합도 } X_6 = a_3 \times c_2 \times b_2 \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

$$\text{규칙 ⑦의 절차도 } X_1 = a_1 \times c_3 \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

다음으로 후건부멤버쉽함수에 있어서, 추론을 실시하기 위해 2차연소공기량 변경분($\gamma_1 \sim \gamma_{10}$)을 정한다. 그리고 다음의 (13)식에 의해 추론을 실시하여 추론결과(Z)를 얻는다.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \times Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad \dots \quad (13)$$

마지막으로 추론결과로부터 추론결과(Z)와 2차연소공기량출력값(F2(k-1))으로부터 2차연소공기량출력값의 이번회값(F2(k))을 얻는다.

$$F2(k) = F2(k-1) + Z \quad \dots \dots \dots \quad (14)$$

제11도는 본 발명에 관련되는 쓰레기소각로의 제어방법에 의한 제어시험결과의 한 예를 나타내는 것이며, 제10도는 종래의 쓰레기소각로의 비례제어방법에 의한 결과를 나타내고 있다.

이들 도면에서 명백한 바와 같이 본 발명을 적용한 결과 배가스중의 NO_x 농도 편균값을 100ppm 레벨에서 70ppm 레벨로 약 30ppm 가까이 저감시킬 수 있었다. 한편 CO농도에 있어서는 CO농도의 피크는 주로 소각로내온도저하에 의해 발생하는데 소각로내온도변화 폭을 약 25% 억제한 것으로 로내온도저하가 일어나기 어려워지고, 본 발명에서는 CO농도피크발생이 억제되어 평탄한 특성으로 할 수 있었다. 또 O_2 농도의 변동 폭에 대해서는 약 30% 저감시킬 수 있어서 매우 만족할 만한 결과가 얻어졌다.

또한 이 실시형태에서는 2차연소공기량의 제어계에 대한 입력으로써 소각로내온도편차를 이용하고 있는데, 쓰레기소각로에 보일러를 구비하는 경우에는 소각로내온도편차 대신에 증기유량 편차를 이용해도 좋다.

상기 설명한 바와 같이 본 발명에 따르면 2차연소공기량을 비선형제어, 특히 2차연소공기량을 조건별 종 폭제어 또는 퍼지제어함으로써 소각로내온도, 소각로내 O_2 농도를 안정화하고, 또한 배출가스중의 CO 농도, NO_x 농도를 소정의 값으로 제어하여 배가스중의 유해한 성분을 소정값 이하로 제어할 수 있는 효과를 갖는 동시에 쓰레기 소각로의 수명연장을 꾀할 수 있다. 또 소각로내온도를 안정화할 수 있기 때문에 보일러의 증기량이 안정되는 효과를 갖고 배가스의 에너지 유효이용을 꾀할수 있다.

또한 소각로내온도가 지나치게 내려간 경우는 소각로내에 산소농도가 충분히 있음에도 불구하고 2차연소가 일어나기 어려워지고 배출가스의 CO농도가 증대하는 현상이 있는데, 2차연소공기량과 상관관계가 있는 배가스중의 O_2 농도에서 2차연소공기량이 냉각영역인 것을 검출할 수 있으면 2차연소공기량을 감소시킴으로써 소각로내온도를 상승시켜서 배가스중의 CO농도의 증대를 방지할 수 있는 잇점이 있다.

또 본 발명에 따르면 배가스중의 O_2 농도의 변동범위가 억제되고, 또한 CO농도, NO_x 농도가 상승한 경우 그에 대처하여 각각 온도상승을 제거하는 방향으로 2차연소공기량을 조절하는 것으로 O_2 농도의 저하에 의한 불완전연소에 의한 배출CO농도의 증대의 방지, 또는 O_2 농도증대에 의한 배출 NO_x 농도의 증대를 방지할 수 있는 잇점이 있다.

또 쓰레기소각로에 투입되는 쓰레기발열량의 변동 등이 있었다고 해도 소각로내온도 및 배가스중의 O_2 농도가 함께 안정된 상태로 제어되기 때문에 항상 연소효율이 좋은 연소가 가능하게 되는 잇점이 있다. 따라서 발전용 등의 보일러를 구비하는 쇠경그레식 쓰레기소각로에서는 발열량이 안정되기 때문에 발전효율을 향상시킬 수 있는 효과를 갖는다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

쓰레기소각로에 1차연소공기를 공급하는 1차연소공기공급수단과, 쓰레기소각로에 2차연소공기를 공급하는 2차연소공기공급수단과, 1차연소공기공급수단으로부터 쓰레기소각로에 공급되는 1차연소공기량을 연소부하에 따라서 조작하는 제어수단과, 쓰레기소각로내의 온도를 측정하는 제1계측수단과, 쓰레기소각로의 연소배가스중의 O_2 농도를 측정하는 제2계측수단과, 쓰레기소각로의 연소배가스중의 CO농도를 측정하는 제3계측수단과, 쓰레기소각로의 연소배가스중의 NO_x 농도를 측정하는 제4계측수단과, 상기 제1계측수단으로부터 제4계측수단에 의한 계측값에 따라서 2차연소공기량을 조작하는 비선형 제어수단으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 쓰레기소각로의 연소제어장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 비선형 제어수단은 퍼지제어수단으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 연소제어장치.

청구항 3

쓰레기소각로에 일정시간에 투입되는 쓰레기의 양에 대한 발열량에 따라서 1차연소공기량을 조작하는 공정과, 쓰레기소각로의 로내온도, 연소배가스중의 O_2 농도, CO농도, NO_x 농도를 측정하는 공정과, 상기의 측정공정의 계측값을 기초로 하여 비선형 제어수단에 의해 2차연소 공기량을 조작하는 공정으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 연소제어방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 1차연소공기량은 피드포워드제어에 의하여 조작되는 것을 특징으로 하는 연소제어방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 1차연소공기량은 피드백제어에 의하여 조작되는 것을 특징으로 하는 연소제어방법.

청구항 6

제3항에 있어서, 상기 비선형 제어수단은 퍼지제어수단으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 연소제어방법.

청구항 7

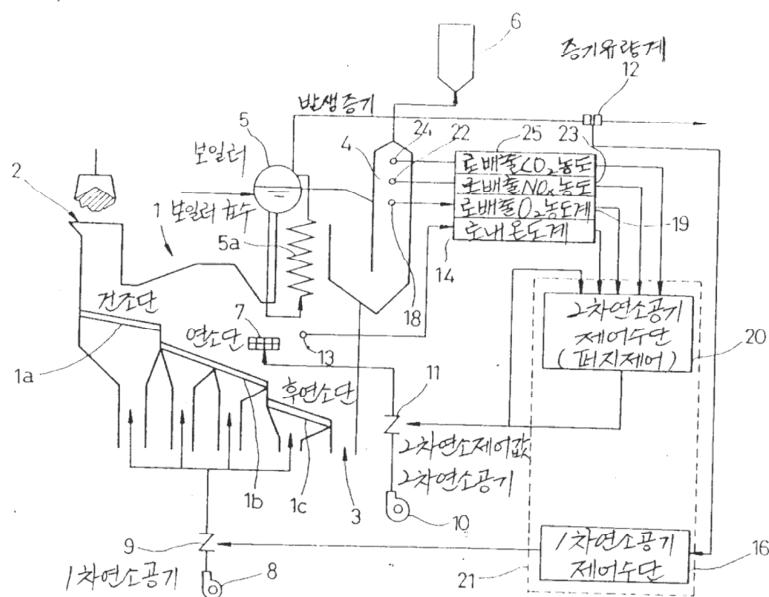
쓰레기소각로에 1차연소공기를 공급하는 1차연소공기공급수단과 2차연소공기를 공급하는 2차연소공기공급수단을 준비하는 공정과, 1차연소공기공급수단으로부터 쓰레기소각로에 공급되는 1차연소공기량을 연소부하에 따라서 조작하는 공정과, 쓰레기소각로의 로내온도, 연소배가스중의 O_2 농도, CO농도, NO_x 농도를 측정하는 공정과, 상기 측정공정의 계측값을 기초로 하여 비선형 제어수단에 의해 2차연소공기량을 조작하는 공정으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 쓰레기소각로의 연소제어방법.

청구항 8

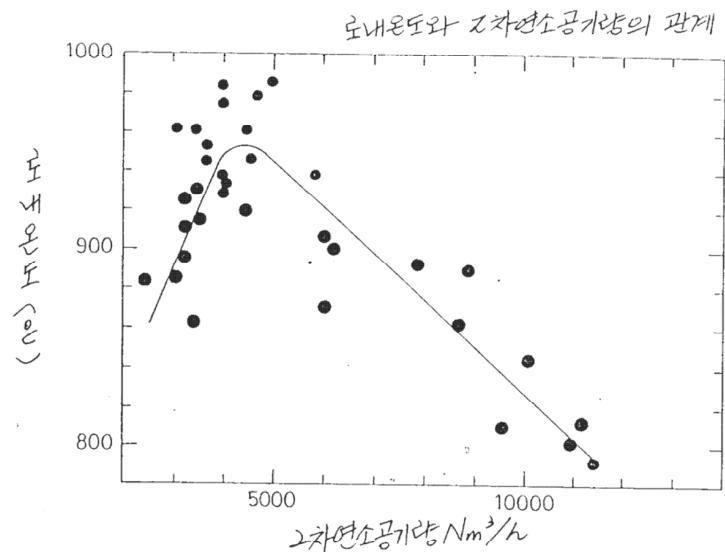
제7항에 있어서, 상기 비선형 제어수단은 퍼지제어수단으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 연소제어방법.

도면

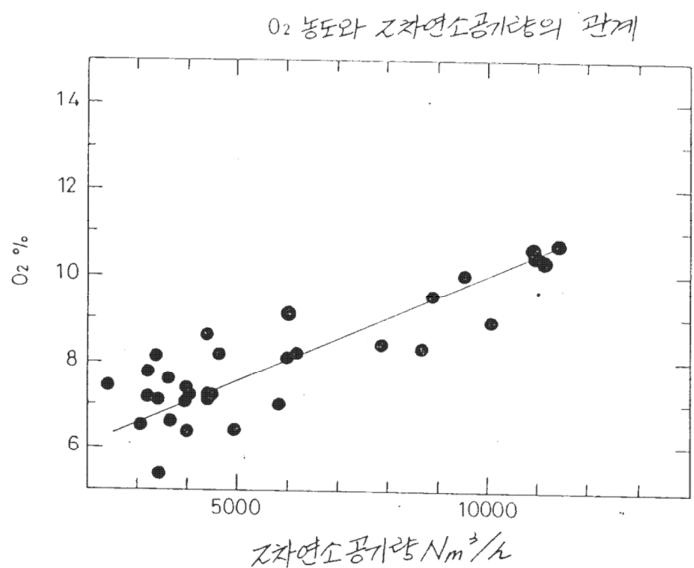
도면1



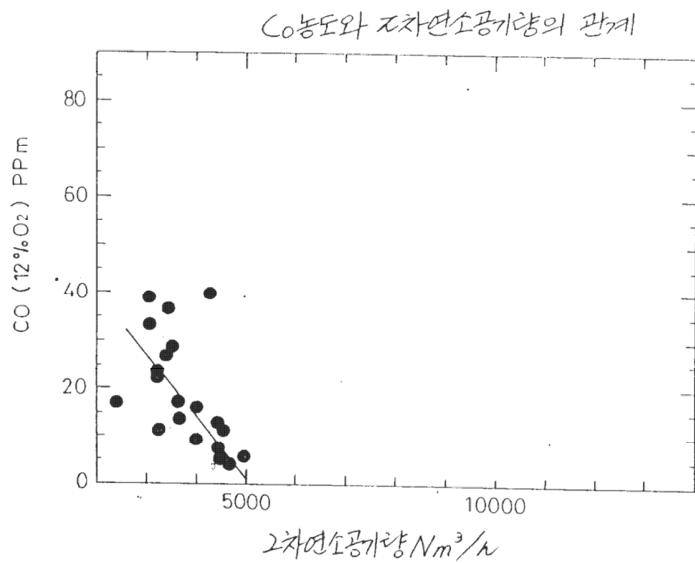
도면4



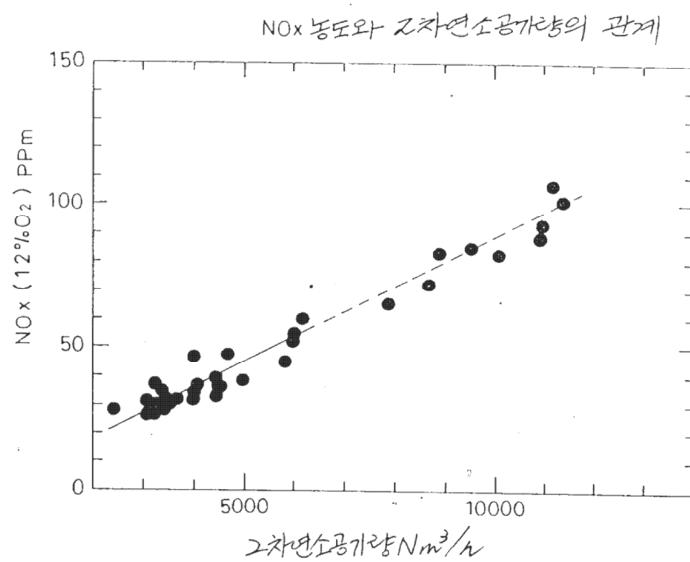
도면5



도면6



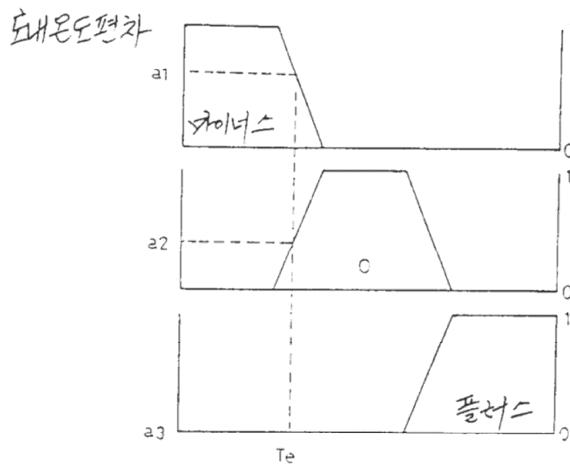
도면7



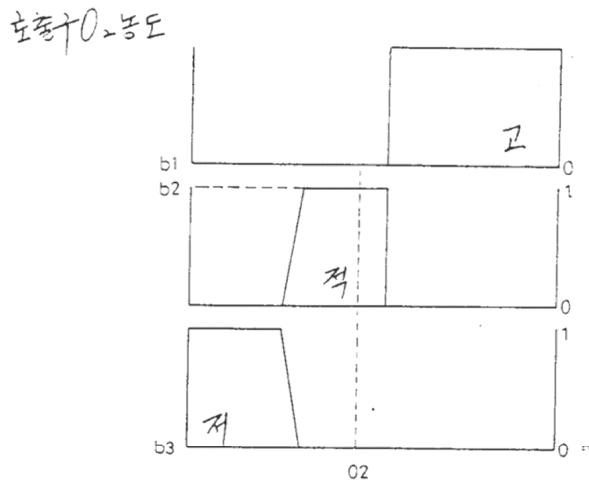
도면8

기적	전기학(일자)			후전부(총력)	
NOx 함도	로내온도편차	2차연소용기량	CO 농도	NOx 농도	O2 농도
① X_1	카이너스(a_1)	대(C_1)			감(Y_1)
② X_2	플러스(a_2)	대(C_2)			증(Y_2)
③ X_3	카이너스(a_3)	소(C_3)			증(Y_3)
④ X_4	플러스(a_4)	소(C_4)			감(Y_4)
⑤ X_5	플러스(a_5)	중(C_5)		고(b_1)	감(Y_5)
⑥ X_6	플러스(a_6)	중(C_6)		적(b_2)	증(Y_6)
⑦ X_7	카이너스(a_7)	중(C_7)			현상유지(Y_7)
⑧ X_8			고(d_1)		감(Y_8)
⑨ X_9			고(e_1)		증(Y_9)
⑩ X_{10}				저(b_3)	증(Y_{10})

도면9a

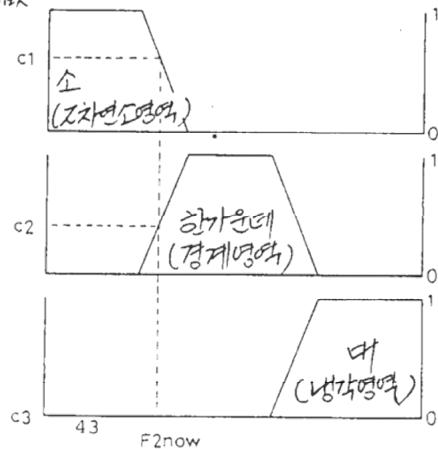


도면9b



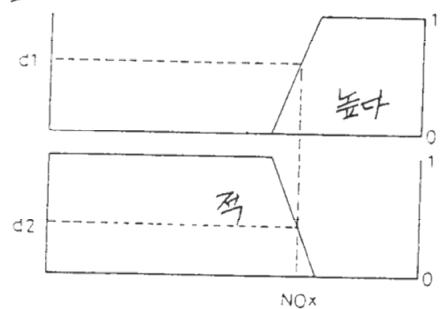
도면9c

2차연소공기 양현제조



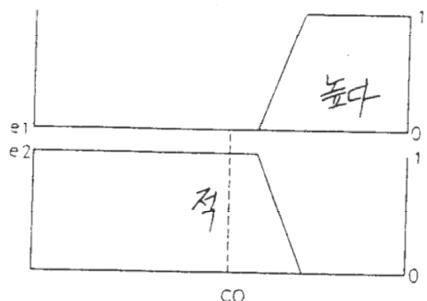
도면9d

도출구 NOx 농도

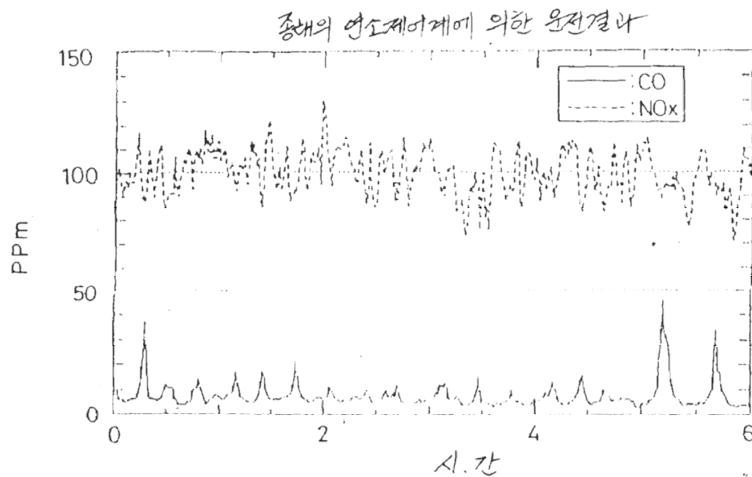


도면9e

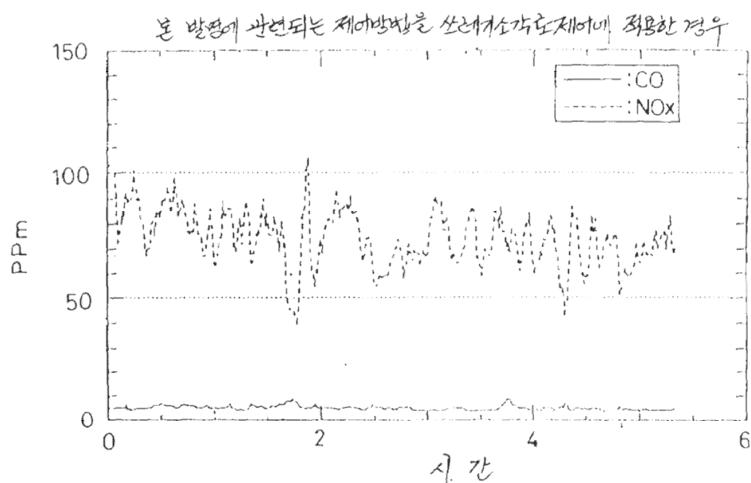
도출구 CO 농도



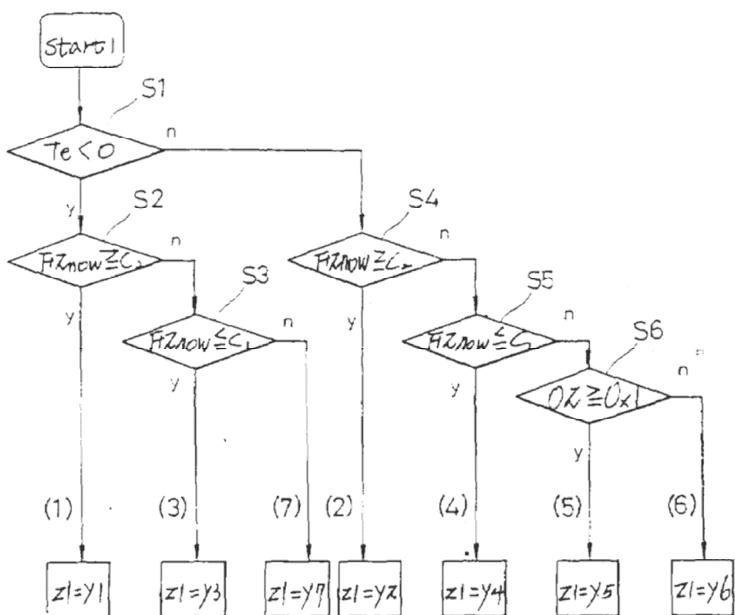
도면10



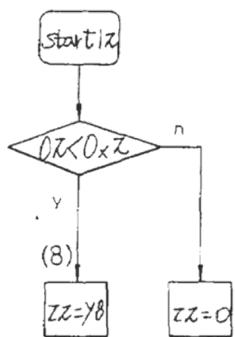
도면11



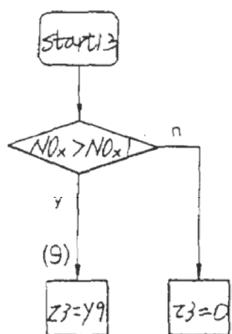
도면12a



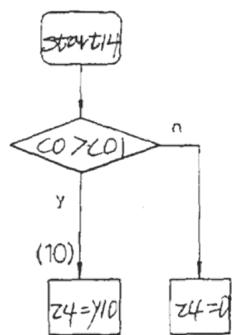
도면 12b



도면 12c



도면 12d



도면 13

