



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0103534
(43) 공개일자 2007년10월24일

(51) Int. Cl.

F23D 11/34(2006.01) F23D 11/00(2006.01)

F23D 11/36(2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0035204

(22) 출원일자 2006년04월19일

심사청구일자 2006년04월19일

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 서석동 375, 조선대학교 산학기
획팀

(72) 발명자

전영남

광주 서구 풍암동 현대삼환아파트 101-1305

김연수

광주 북구 두암동 현대2차아파트 201-1105

(74) 대리인

박태우

전체 청구항 수 : 총 3 항

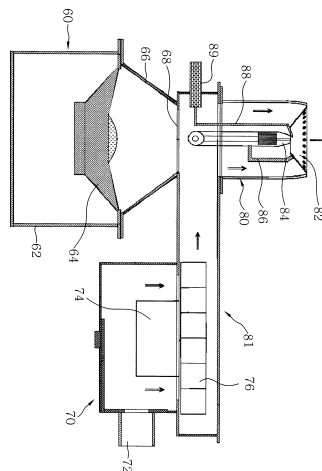
(54) 외부가진 액상연료버너

(57) 요약

본 발명은 고효율 연소성과 질소산화물(NOx)의 저감이 가능하도록 가진 주파수, 가진 전압 및 공기 유속을 최적화하여 이를 적용한 외부가진 액상연료버너에 관한 것이다.

본 발명은 혼합버너부(80)에 버너몸체부(81)의 일측에서 상부로 돌출되도록 외부의 연료탱크로부터 연료를 공급하기 위한 연료노즐(84)과, 연료와 연소공기의 혼합을 최적화하기 위한 버너팁(82)과, 상기 버너팁(82)을 지지하기 위한 버너팁 지지대(86)와, 점화전극(88) 및 점화전극(88)의 일단부에 형성된 절연체(89)를 포함하며, 상기 공기주입부(70)는 버너몸체부(81)의 타측에서 하부로 돌출되고, 그 내부에 외부에서 공기흡입구(72)를 통해 혼합버너부(80)에 공기를 주입하기 위한 모터(74) 및 팬(76)을 포함하고, 상기 가진부(60)는 상기 혼합버너부(80)와 대칭되는 버너몸체부(81)의 하단부에 관통된 음파공급구(68)에 원뿔형으로 형성되어 음파손실을 최소화하기 위해 장착되는 가진케이스(66)와, 상기 가진케이스(66)의 하단부에 장착되는 스피커(64)와, 상기 스피커(64)의 외부를 보호하기 위한 스피커케이스(62)와, 주파수발생기 및 증폭기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

외부의 액상 연료를 공급받아 연소시키는 혼합버너부와, 상기 혼합버너부에 일정한 양의 공기를 공급하기 위한 공기주입부와, 상기 혼합버너부와 상기 공기주입부를 연결하는 버너몸체부와, 상기 혼합버너부에 공급되는 연료와 연소공기주입 및 점화기의 점화시기를 결정하는 버너조절기와, 상기 혼합버너부에 공급되는 연소공기를 가진 하기 위해 버너 하단부에 장착되는 가진부를 포함하는 외부가진 액상연료버너에 있어서,

상기 혼합버너부(80)는 상기 버너몸체부(81)의 일측에서 상부로 돌출되도록 외부의 연료탱크로부터 연료를 공급하기 위한 연료노즐(84)과, 연료와 연소공기의 혼합을 최적화하기 위한 버너팁(82)과, 상기 버너팁(82)을 지지하기 위한 버너팁 지지대(86)와, 점화전극(88) 및 점화전극(88)의 일단부에 형성된 절연체(89)를 포함하며,

상기 공기주입부(70)는 버너몸체부(81)의 타측에서 하부로 돌출되고, 그 내부에 외부에서 공기흡입구(72)를 통해 혼합버너부(80)에 공기를 주입하기 위한 모터(74) 및 팬(76)을 포함하고,

상기 가진부(60)는 상기 혼합버너부(80)와 대칭되는 버너몸체부(81)의 하단부에 관통된 음파공급구(68)에 원뿔형으로 형성되어 음파손실을 최소화하기 위해 장착되는 가진케이스(66)와, 상기 가진케이스(66)의 하단부에 장착되는 스피커(64)와, 상기 스피커(64)의 외부를 보호하기 위한 스피커케이스(62)와, 주파수발생기 및 증폭기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 외부가진 액상연료버너.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 스피커(64)로부터 발생된 가진은 음파공급구(68)를 통과하여 연료노즐(84)에서 공급되는 연료와 팬(76)으로부터 공급되는 공기에 가진 에너지가 전달되어 혼합을 촉진하여 연소성을 향상시키고, 국부적으로 집중되는 화염을 분산함으로써 고온 NOx(Thermal NOx)인 질소산화물이 저감되는 것을 특징으로 하는 외부가진 액상연료버너.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 가진부(60)의 가진 주파수는 $1,900 \pm 300\text{Hz}$ 이고, 가진 전압은 $3 \sim 5V_{pp}$, 공기 유속은 $6.3 \text{ m/s} \sim 7.2\text{m/s}$ 인 것을 특징으로 하는 외부가진 액상연료버너.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <25> 본 발명은 외부가진 액상연료버너에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 고효율 연소성과 질소산화물(NOx)의 저감이 가능하도록 가진 주파수, 가진 전압 및 공기 유속을 최적화하여 이를 적용한 외부가진 액상연료버너에 관한 것이다.
- <26> 일반적으로 많은 열 설비에서 경유나 중유와 같은 액체연료를 연소하는데 질소산화물과 분진 같은 오염물질의 발생량은 상대적으로 가스 연료보다 높아 환경오염의 문제로 규제가 점점 심화되고 있는 실정이다. 특히 환경부에서는 발생 질소산화물 량에 비례하여 공해 부담금을 부과하는 제도를 준비하고 있는 현실에서, 질소산화물 저감은 업체의 비용 절감과 환경오염의 감소 차원에서 시급하다.
- <27> 질소산화물의 생성은 크게 열적 질소산화물(thermal NOx)과 연료질소(fuel NOx)로 구별되는데, 이중 thermal NOx의 생성은 넓은 범위의 공기비에 걸쳐 높은 고온 화염에서 생성되기 때문에 많은 실험적, 이론적 연구의 대상이 되고 있다.
- <28> 현재 일반적인 질소산화물 저감 대책으로 알려진 방법은 크게 연소 개선 방법과 배연 탈질방법으로 구분된다.

중대형급 이상 규모의 보일러 및 기타 연소 시스템의 경우 선택적 촉매 환원법 및 비 선택적 촉매 환원법과 같은 배연탈질에 의한 질소산화물 배출제어 연구가 많이 시도되고 있으나, 연소 개선 방법에 의한 질소산화물 제어에 충분히 이루어질 경우 이러한 후처리 장치에 관한 비용 절감을 이룰 수 있다는 경제적 측면에서 연소 개선 방법이 배연탈질에 의한 배기가스 제어에 있어서 보다 근본적이고 효과적인 방법이 될 수 있다.

- <29> 이러한 연소 개선 방법에 의한 질소산화물 제어 기술들 중 저 질소산화물(NOx) 버너 기술은 가장 널리 사용되는 질소산화물(NOx) 제어기술 중의 하나이다.
- <30> 그러나, 질소산화물(NOx) 저감 효율이 증가함에 따라 미연탄화수소와 일산화탄소 배출량의 증가와 함께 연소효율이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 화염의 안정성과 연소효율에 영향을 미치는 미연분 발생의 제어와 질소산화물을 동시에 제어 가능한 기술의 개발이 필요하다.
- <31> 한편, 외부가진에 대한 종래의 기술은 대부분 음향 장치를 통해 외부의 음파를 유동장에 가진하여 음향학과 레일라이의 기준(Rayleigh's criterion)에 따른 연소의 안정성에 대한 연구이다(Gutmark et al., Closed-loop control in a flame and a dump combustor, 1996)
- <32> 즉, 스피커를 사용하여 외부가진을 주어 연소 불안정성을 억누르는 능동제어에 대한 많은 연구가 수행되어 오고 있으며, 화염 중에 열 음향학적 진동(thermo-acoustic oscillation)을 가하면 정상상태의 화염보다 열, 질량, 운동량의 전달이 촉진되어 화염의 안정성과 연소성이 증진되는 것으로 알려져 있다.
- <33> 그러나 외부 가진의 경우 주로 가스연료 연소용 버너에서 화염의 안정성에 대한 연구가 진행되어 경유와 같은 액상 연료를 사용하는 버너 등에 관한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <34> 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 액상연료를 사용하는 버너에 공급되는 가진 주파수, 가진 전압 및 공기 유속을 최적화하여 고효율의 연소성과 질소산화물을 절감할 수 있는 외부가진 액상연료버너를 제공하는 것이다.
- <35> 본 발명은, 외부의 액상 연료를 공급받아 연소시키는 혼합버너부와, 상기 혼합버너부에 일정한 양의 공기를 공급하기 위한 공기주입부와, 상기 혼합버너부와 상기 공기주입부를 연결하는 버너몸체부와, 상기 혼합버너부에 공급되는 연료와 연소공기주입 및 점화기의 점화시기를 결정하는 버너조절기와, 상기 혼합버너부에 공급되는 연소공기를 가진하기 위해 버너 하단부에 장착되는 가진부를 포함하는 외부가진 액상연료버너에 있어서, 상기 혼합버너부(80)는 상기 버너몸체부(81)의 일측에서 상부로 돌출되도록 외부의 연료탱크로부터 연료를 공급하기 위한 연료노즐(84)과, 연료와 연소공기의 혼합을 최적화하기 위한 버너팁(82)과, 상기 버너팁(82)을 지지하기 위한 버너팁 지지대(86)와, 점화전극(88) 및 점화전극(88)의 일단부에 형성된 절연체(89)를 포함하며, 상기 공기주입부(70)는 버너몸체부(81)의 타측에서 하부로 돌출되고, 그 내부에 외부에서 공기흡입구(72)를 통해 혼합버너부(80)에 공기를 주입하기 위한 모터(74) 및 팬(76)을 포함하고, 상기 가진부(60)는 상기 혼합버너부(80)와 대칭되는 버너몸체부(81)의 하단부에 관통된 음파공급구(68)에 원뿔형으로 형성되어 음파손실을 최소화하기 위해 장착되는 가진케이스(66)와, 상기 가진케이스(66)의 하단부에 장착되는 스피커(64)와, 상기 스피커(64)의 외부를 보호하기 위한 스피커케이스(62)와, 주파수발생기 및 증폭기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- <36> 또한 본 발명에 의한 외부가진 액상연료버너는, 상기 스피커(64)로부터 발생된 가진은 음파공급구(68)를 통과하여 연료노즐(84)에서 공급되는 연료와 팬(76)으로부터 공급되는 공기에 가진 에너지가 전달되어 혼합을 촉진하여 연소성을 향상시키고, 국부적으로 집중되는 화염을 분산함으로써 고온 NOx(Thermal NOx)인 질소산화물이 저감되는 것을 특징으로 한다.
- <37> 한편, 상기 가진부(60)의 가진 주파수는 $1,900 \pm 300\text{Hz}$ 이고, 가진 전압은 $3 \sim 5V_{pp}$, 공기 유속은 $6.3 \text{ m/s} \sim 7.2\text{m/s}$ 인 것이 바람직하다.

발명의 구성 및 작용

- <38> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 외부가진 액상연료버너를 상세히 설명한다.
- <39> 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너의 개략적인 단면구성도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너에서 버너몸체부와 가진부의 사시도이며, 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너 및 특성실험장치의 개략적인 구성도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가

진 액상연료버너의 초기 가동시 온도그래프이며, 도 5a는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너의 축상으로부터의 온도분포그래프이고, 도 5b는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너의 축상으로부터의 질소산화물과 일산화탄소의 분포그래프이며, 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너에서 가진 주파수에 따른 질소산화물과 일산화탄소의 분포그래프이고, 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너에서 공급전압에 따른 질소산화물과 일산화탄소의 분포그래프이며, 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너에서 공기유속에 따른 질소산화물과 일산화탄소의 분포그래프이고, 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너에서 공기유속에 따른 질소산화물의 방출지수분포도이다.

- <40> 본 발명의 바람직한 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너는, 상기 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 외부의 액상 연료를 공급받아 연소시키는 혼합버너부(80)와, 상기 혼합버너부(80)에 일정한 양의 공기를 공급하기 위한 공기주입부(70)와, 상기 혼합버너부(80)와 상기 공기주입부(70)를 연결하는 버너몸체부(81)와, 상기 혼합버너부(80)에 공급되는 연료와 연소공기주입 및 점화기(igniter)의 점화시기를 결정하는 버너조절기와, 상기 혼합버너부(80)에 공급되는 연소공기를 가진하기 위해 버너 하단부에 장착되는 가진부(60)를 포함하여 구성된다.
- <41> 상기 혼합버너부(80)는 상기 버너몸체부(81)의 일측에서 상부로 돌출되도록 외부의 연료탱크로부터 연료를 공급하기 위한 연료노즐(84)과, 연료와 연소공기의 혼합을 최적화하기 위한 버너팁(82)과, 상기 버너팁(82)을 지지하기 위한 버너팁 지지대(86)와, 점화전극(88) 및 점화전극(88)의 일단부에 형성된 절연체(89)를 포함하며, 이러한 혼합버너부(80)는 공지의 구성과 동일 또는 유사한 구조로 구성된다.
- <42> 상기 공기주입부(70)는 버너몸체부(81)의 타측에서 하부로 돌출되고, 그 내부에 외부에서 공기흡입구(72)를 통해 혼합버너부(80)에 공기를 주입하기 위한 모터(74) 및 팬(76)을 포함하여 구성되어 상기 버너조절기의 제어에 의해 동작하게 된다.
- <43> 상기 가진부(60)는 상기 혼합버너부(80)와 대칭되는 버너몸체부(81)의 하단부에 관통된 음파공급구(68)에 원뿔형으로 형성되어 음파손실을 최소화하기 위해 장착되는 가진케이스(66)와, 상기 가진케이스(66)의 하단부에 장착되는 스피커(64)와, 상기 스피커(64)의 외부를 보호하기 위한 스피커케이스(62)와, 주파수발생기 및 증폭기를 포함하여 구성된다.
- <44> 한편, 상기 혼합버너부(80)에 연료를 공급하기 위한 연료 공급라인은 분사노즐(84)에서 연료 무화가 최적화되도록 연료 펌프 압력은 3 kg/cm^2 로 고정된 연료펌프와 연료탱크로 구성되어 있다.
- <45> 상기와 같이 구성된 본 발명의 외부가진 액상연료버너의 성능과, 최적의 효율로 성능을 발휘하기 위해 가진되는 변수를 측정하기 위한 실험장치는 상기 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 혼합버너부(80)의 상부에 외부공기의 유입방지를 위해 원통형으로 제작되며 축열과 열손실을 방지하기 위해 내화재로 쌓여있는 배출가스 출구(30; chimney)가 구성되며, 그 내부에는 연소가스와 온도의 측정을 위해 측정포트(32)가 10곳에 설치되어 있으며, 포트별 간격은 5cm이다.
- <46> 한편, 측정과 분석을 위한 측정 및 분석라인은 연소가스 측정과 온도측정라인으로 구분되는데, 연소가스 측정라인은 샘플링 프로브, 샘플링라인, 분석장비인 비분산적외선분석기와, 가스크로마토그래피(55)가 냉각기(50)를 통해 연결되어 구성되고, 온도측정 라인에는 열전대와, 데이터 분석장치(Fluke Data Logger) 및 열전모니터링시스템(10)으로 연결되어 구성된다.
- <47> 실험은 버너로 연소공기를 주입하여 충분히 퍼징(purging)한 후에 점화기를 작동하고 연료분사 노즐에서 연료를 분사하여 연소 실험을 시작하였다. 화염의 안정성과 연소성을 확인하기 위하여 버너팁(82)으로부터 화염후류 방향으로 30 cm 지점에서 연소 온도를 연속적으로 모니터링 하였다.
- <48> 도 4는 버너의 초기 시동 시 온도 특성을 나타낸 것으로, 약 800 °C 로 화염이 안정된 상태에서 버너 내부를 외부 가진하면서 실험을 진행하였다.
- <49> 외부 가진을 위한 주파수 공급은 주파수 발생기(20)에서 주파수(Hz)와 전압(V_{pp})을 조절한 다음, 증폭기(25; 파워앰프)로 공급하고, 증폭기(25)를 통과한 음은 스피커(120W)로 공급되어 버너로 음파를 공급하였다.
- <50> 측정 및 분석은 측정포트(32)에서 샘플링 프로브를 이용하여 시료를 채취한다. 채취된 시료는 각각 분진제거기와 냉각장치를 통과하여 유량계에서 일정 유량(0.5 l/min)으로 조절되어 측정 장치로 유입된다. 본 발명에서는

NO, CO, O₂, 온도를 측정하였으며, NO와 CO는 연속적으로 시료가 공급되는데 측정 장치는 비분산적외선분석기에
서 측정하였으며, O₂는 가스크로마토그래피(55)를 이용하여 측정하였다. 온도는 K-type의 열전대를 제작하여 측
정하였으며 측정 장치(Fluke data logger)를 이용하여 실시간으로 모니터링 하였다.

<51> 실험은 연료량은 0.4 g/s로 고정된 상태에서 기준화염(Case R)과 가진 주파수(Case 1), 가진 전압(Case 2), 공
기 유속(Case 3) 변화에 대한 변수별 실험을 수행하였으며, 각각의 경우에 대한 실험조건을 표 1과 같다.

표 1

조건	타 입	주파수(Hz)	전압(Vpp)	공기유속
기준	Case R	1900	3	6.8
주파수 변화	Case 1	100~3000	3	6.8
전압 변화	Case 2	1900	1~10	6.8
공기 유속 변화	Case 3	1900	3	5.1~9.2

<53> *_{pp} : peak to peak

<54> 본 실험에서 가진 시 질소산화물의 저감이 가장 좋은 조건을 기준화염(reference flame)으로 선택하여 실험하였
으며, 실험조건은 표 1의 Case R과 같다.

<55> 먼저, 가진과 비가진시의 축방향 온도, NO, CO 농도를 비교하면, 도 5a는 축방향의 온도를 비교한 것으로, 가진
의 경우 음향학적 에너지가 연료 액적과 연소공기의 유동에 전달되어 화염이 중심부로 집중되는 것을 감소시켜
화염 중심부분의 온도를 낮추므로 버너 전단부에 온도가 비가진시보다 낮지만 무화된 연료 액적과 연소공기의
혼합강화로 전체적으로 연소성이 향상되어 온도 분포가 비가진시에 비해 높게 유지된다. 도 5b는 축방향의 NO
와 CO 농도를 비교한 것으로, 버너 전단부에서 NO 농도는 가진과 비가진 시가 거의 유사한 분포를 보이는 반면,
화염 후단부로 갈수록 가진에 의한 NO의 저감 효과가 확연하게 나타나고 있다. 이는 전체적으로 가진 시가 혼
합이 빨리 이루어져 도 5a에서 보는 것처럼 높은 연소성을 유지하므로 연소가 일찍 종결되어 최대 화염에서 연
소가스의 체류시간이 단축되므로 전체적으로 NO 농도가 저감된다. CO 농도는 가진 시가 비가진 시에 비해 전체
적으로 농도가 낮게 나타나고 있다. 이는 버너 선단에서 외부 가진을 줄에 따라 혼합효과 증진으로 인해 연소
성이 향상되어 불완전연소 생성물인 CO가 전체적으로 감소하는 것이다. 비가진시의 경우에는 혼합효과가 크지
못함으로 CO의 변화폭이 크게 나타나고 있다.

<56> 결과적으로 외부 가진의 경우 NO_x저감과 동시에 높은 연소성의 유지가 가능한 것을 기준화염의 연구에서 알 수
있었으며, 그 저감 메카니즘은 다음과 같이 설명될 수 있다.

<57> 즉, 버너의 화염 내로 외부 가진이 가해지면 비가진의 화염보다 열, 질량, 운동량의 전달이 촉진되어 연소성을
향상시킬 수 있다. 또한, 화염 내 국부적인 최대 화염온도 영역이 감소되어 최대온도에서 연소가스의 체류시간
이 감소되어 NO_x가 저감된다. 따라서 외부 가진의 경우 NO_x저감과 높은 연소성의 유지를 동시에 이룰 수 있다.

<58> 한편, 외부 가진 시 연소성과 NO_x 생성에 영향을 미친다고 예상되는 가진 주파수, 가진 전압, 연소공기 유속 변
화에 대해 변수별 실험을 수행하였다.

<59> 실험조건은 표 1의 Case 1~3과 같다. 또한, 변수별 실험시 모든 데이터의 측정위치는 도 3의 측정포트(32) 중
버너 선단으로부터 30cm에 있는 6번째 포트이다.

<60> 먼저, 가진 주파수 변화에 따른 배기가스의 온도, NO, CO의 변화실험으로, 도 6a는 배기가스의 온도를 비교한
것으로 100 ~ 3,000 Hz 범위에서는 가진 주파수를 변화시켰을 때 온도 차이가 10℃ 이내로 화염의 변동에 의한
변화폭 정도로 큰 차이가 없지만 비교적 가진 시에 온도가 비가진 시보다 높게 측정되고 있지만, 특정 주파수에
서 배기가스의 온도가 비가진시에 비해 낮아지고 있다. 연소성은 도 6b의 CO에서 보는 것처럼 비가진 시에 비
해 크게 향상됨을 알 수 있다.

<61> 도 6b는 가진 주파수 변화에 따른 NO와 CO 농도를 나타낸 것으로, 주파수 변화에 따라 NO농도의 저감 변화폭이
매우 크며, 가진의 경우가 비가진과 비교하여 모든 주파수 변화에 대하여 NO농도가 낮다. 특히 본 실험에 사용
된 버너의 경우 주파수 1,900 Hz 일 때 저감율이 비가진 시에 비해 41.5%로 가장 높게 나타나고, 주파수 1900±

300Hz가 가장 효율적인 것으로 나타났다.

- <62> 따라서 버너의 형태나 형상에 따른 최대 NO 저감율의 주파수 값은 다를 수 있지만 NO의 저감율에 주요 영향인자는 주파수 변화라는 것을 확인할 수 있다. 주파수 변화에 따라 CO농도 또한 거의 모든 주파수 변화에 대하여 출구에서 CO 농도가 낮게 나타나고 있으며, 가진 주파수가 1,900 Hz일 때 CO는 비가진 시에 비해 64.1% 저감되었다. 이는 이미 기준화염에서 언급되었듯이 외부 가진의 경우 NO의 저감과 동시에 연소성의 향상도 이를 수 있음을 보여주는 것이다. 하지만 주파수 변화에 대해 NO와 CO의 농도가 특정 주파수에서 증가하는 현상을 보임으로 외부 가진의 경우 최적운전을 위해서는 적절한 주파수 범위의 선택이 중요하다.
- <63> 도 7은 가진 주파수를 1,900 Hz로 고정된 상태에서 가진 전압 변화에 대한 배기가스의 온도, NO, CO를 나타낸 것이다.
- <64> 도 7a는 배기가스의 온도를 비교한 것으로, 가진 전압을 증가하여도 온도 변화폭이 크지 않는 것은 가진 전압의 변화가 화염의 위치 변화에 큰 영향을 주지 않기 때문이다. 하지만 가진 진폭이 6 V_{pp}이상으로 높아지면 배기가스의 온도가 점차적 감소하는 경향을 보이는데 이는 가진 전압의 증가로 음파의 진폭이 커져 화염이 불안정해지기 때문이다.
- <65> 도 7b는 가진 전압 변화에 대한 NO와 CO 농도를 나타낸 것으로, NO 농도의 경우 가진 전압의 변화에 전체적인 농도변화가 대체적으로 NO 평균농도인 54%의 측정 에러범위 내로 변동이 되고 있다. 하지만 가진 전압이 3 V_{pp} 일 때 NO 저감 효과가 다소 크게 나타나고 있어 본 실험에 가진 전압의 최적 조건이고 바람직하게는 3~5V_{pp}인 것이 바람직하다.
- <66> CO 농도는 가진 전압이 증가할수록 대체적으로 CO 농도가 감소하고 있지만 가진 전압에 의해 화염이 불안정해져 가진 전압에 대해 CO 농도 변동이 불규칙적이다.
- <67> 공기 유속 변화는 가진 주파수와 가진 전압을 각각 1900 Hz, 3 V_{pp}로 고정된 상태에서 공기 유속을 5.1 ~ 9.2 m/s로 변화하였을 때의 배기가스 온도, NO, CO 농도는 도 8과 같다.
- <68> 도 8a는 공기 유속 변화에 따른 온도 변화를 나타낸 것으로, 가진 시가 전체적으로 높은 연소성을 유지하고 있다. 하지만 가진과 비가진의 경우 모두 공기 유속이 증가할수록 과잉 공기에 의해 대류 열손실 증가로 점차적으로 온도가 감소하고 있다.
- <69> 도 8b는 NO와 CO 농도를 나타낸 것으로, NO 농도분포의 경우 공기 유속이 증가할수록 점차적으로 감소하는 온도 분포와 유사한 경향성을 보이고 있는데 이는 NOx 중 고온에서 발생하는 thermal NOx가 대부분으로 연소온도와 밀접하게 관련되어 있기 때문이다. 하지만 CO의 경우 공기 유속 6.8 m/s까지는 대체적으로 유사한 분포를 보이는 반면 공기 유속이 6.8 m/s 이상에서는 급격히 증가하는 것은 과도한 연소 공기에 의해 연소성이 크게 저하되었기 때문이다. 따라서 본 실험에서는 높은 연소성 유지와 NOx 저감을 동시에 확보하고자 함으로 공기 유속 6.8 m/s를 최적조건으로 하며, 이때 가진 시에 NO 저감은 비가진 시에 비해 33.3% 정도 저감됨을 확인하였다. 따라서, 공기 유속은 6.3 m/s ~ 7.2m/s인 것이 바람직하다.
- <70> 도 9는 공기 유속 변화에 따른 가진과 비가진 시에 EINOx를 비교한 것이다. EINOx(emission index of NOx)는 연료 1 kg 당 발생되는 NOx 생산 gram 수를 나타낸 것으로 화염 후류부에서 NOx를 측정하고, 연료중의 모든 탄소는 CO₂로 전환되는 것으로 가정하여 EINOx는 수학적 식 1에 의해 계산하였다.

수학적 식 1

$$EINO_x = \frac{12[NO_x]MW_{NO} \times 1000}{[CO_2]MW_{C_{12}H_{26}}}$$

- <71>
- <72> 여기서, MW는 각 성분의 분자량이고, 계수 12는 연료인 경유(C₁₂H₂₆) 1몰에서 CO₂가 12몰 생성되는 몰 비를 나타낸 것이다. 또한 화염 후류부 측방향과 반경방향으로의 공기회석에 의한 EINOx는 고려하지 않았다. EINOx는 공기 유속이 증가함에 따라 지수 함수적으로 감소하는 것을 알 수 있으며, 이는 EINOx 값을 공기 유속변화에 따라 지수 함수의 수식으로 표현할 수 있음을 의미한다. 또한 가진 시가 비가진시보다 EINOx 값이 줄어드는데,

이는 도 8b의 NO 농도 분포에서도 확인할 수 있다.

발명의 효과

- <73> 상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 액상버너에 가진 시 연소는 버너의 화염 내로 외부가진이 가해지면 비가진의 화염보다 열, 질량, 운동량의 전달이 촉진되어 연소성을 향상시키게 되며, 또한, 화염 내 국부적인 최대화염 온도 영역이 감소되어 최대온도에서 연소가스의 체류시간이 감소되어 NO가 저감되는 효과가 있다.
- <74> 또한, 본 발명에 의하면 첫째, 가진 주파수가 1,900 Hz일 때 NOx의 저감 효율은 41.5%로 가장 높게 나타났으며, 이때 CO는 64.1% 저감되고, 둘째, 가진 전압 변화는 NOx 저감 효율은 매우 미흡하며 화염 안정성에 대한 영향도 적다.
- <75> 한편, 공기 유속 변화는 공기 유속이 증가할수록 과잉 공기에 의해 대류 열손실 증가로 점차적으로 온도가 저하되어 NO가 감소한다. 또한 EINOx는 NO와 유사한 분포특성을 보이는 효과가 있다.

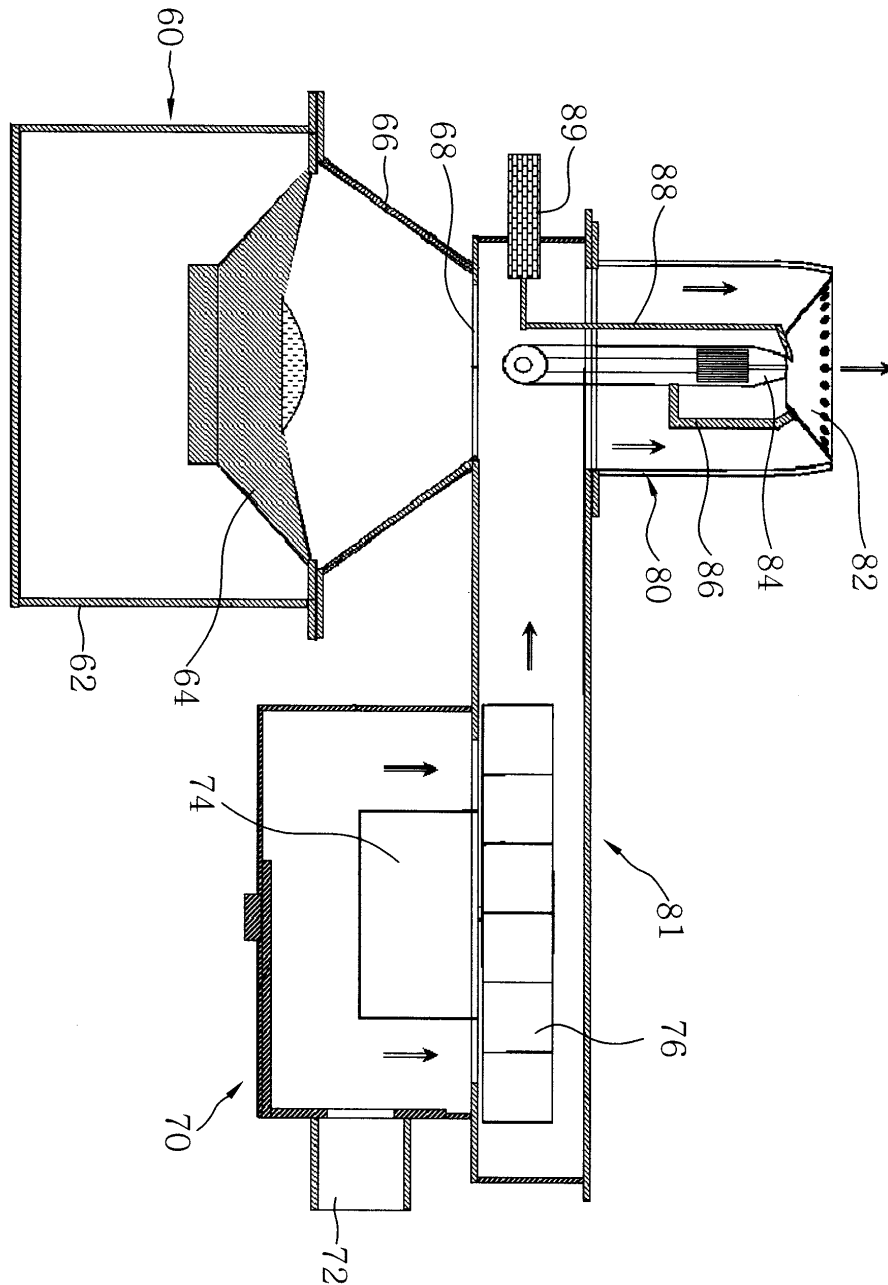
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너의 개략적인 단면구성도,
- <2> 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너에서 버너몸체부와 가진부의 사시도,
- <3> 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너 및 특성실험장치의 개략적인 구성도,
- <4> 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너의 초기 가동시 온도그래프,
- <5> 도 5a는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너의 축상으로부터의 온도분포 그래프,
- <6> 도 5b는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너의 축상으로부터의 질소산화물과 일산화탄소의 분포그래프,
- <7> 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너에서 가진 주파수에 따른 질소산화물과 일산화탄소의 분포그래프,
- <8> 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너에서 공급전압에 따른 질소산화물과 일산화탄소의 분포그래프,
- <9> 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너에서 공기유속에 따른 질소산화물과 일산화탄소의 분포그래프,
- <10> 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 의한 외부가진 액상연료버너와 비가진 액상연료버너에서 공기유속에 따른 질소산화물의 방출지수분포도.
- <11> < 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >
- <12> 10: 열전모니터링시스템 20: 주파수발생기
- <13> 25: 증폭기 30: 배출가스 출구
- <14> 34: 측정포트 40: 연료탱크
- <15> 45: 버너제어기 50: 냉각기
- <16> 55: 가스크로마토그래피 60: 가진부
- <17> 62: 스피커케이스 64: 스피커
- <18> 66: 가진케이스 68: 음파공급구
- <19> 70: 공기주입부 72: 공기흡입구
- <20> 74: 모터 76: 팬
- <21> 80: 혼합버너부 81: 버너몸체부

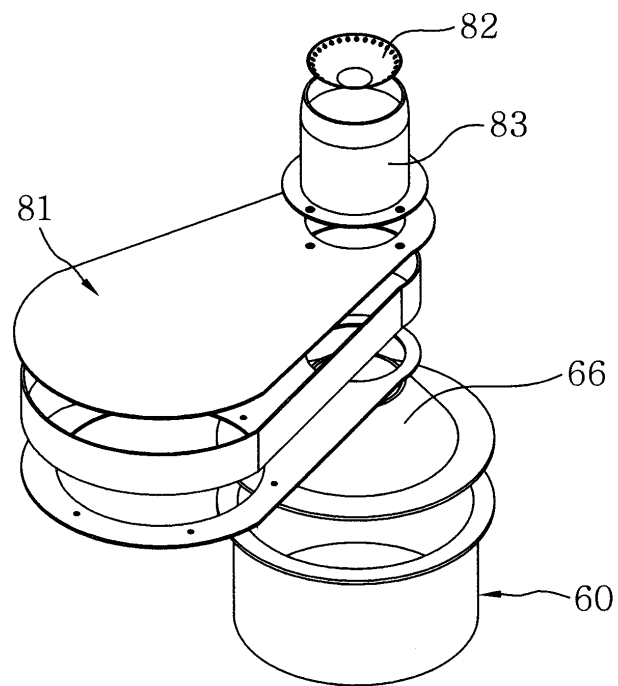
- <22> 82: 버너팁 84: 연료노즐
 <23> 86: 버너팁 지지대 88: 점화전극
 <24> 89: 절연체

도면

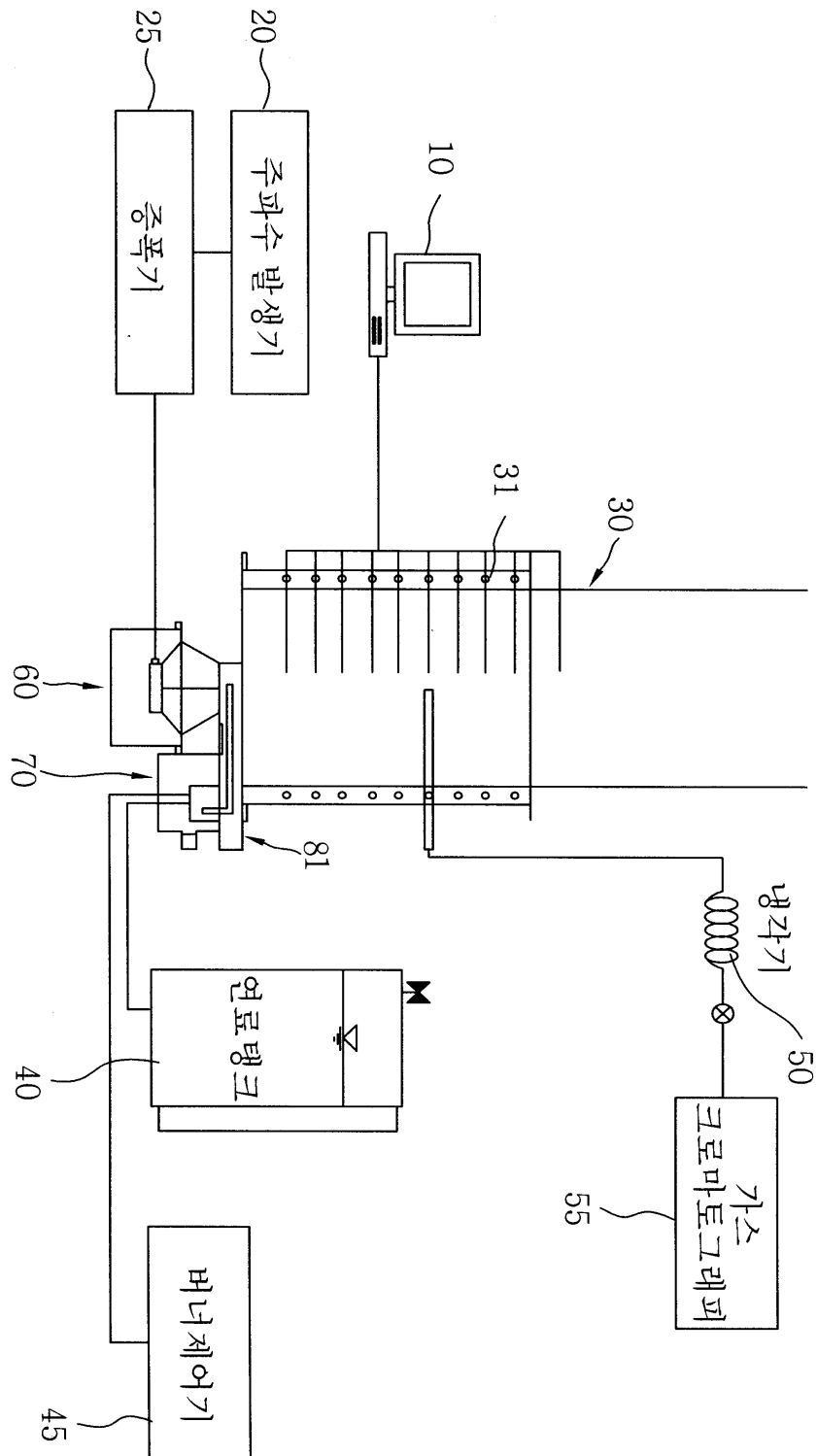
도면1



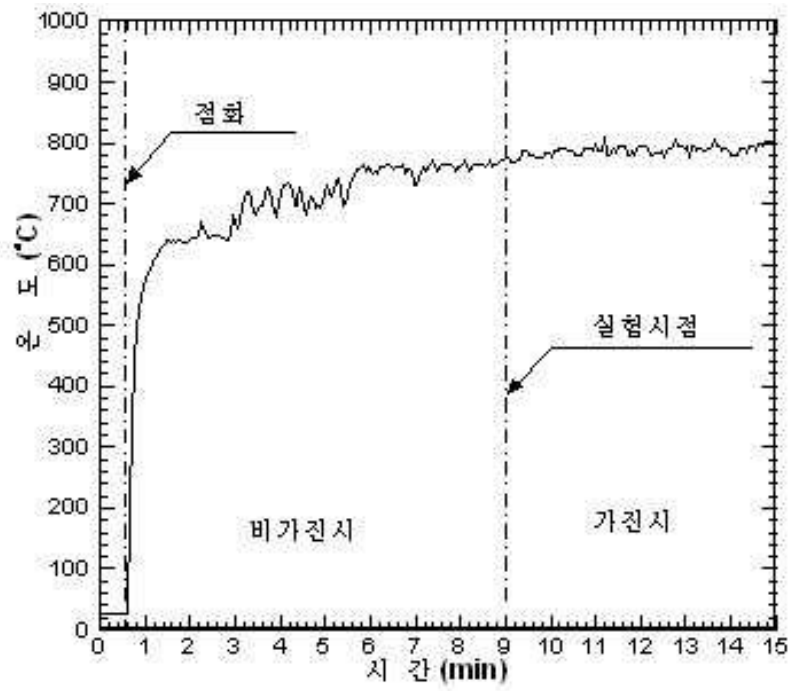
도면2



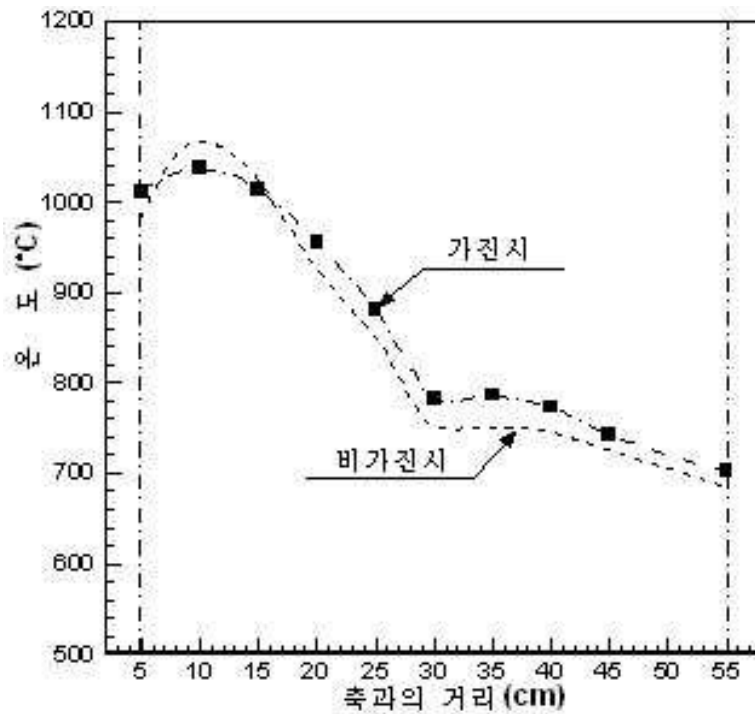
도면3



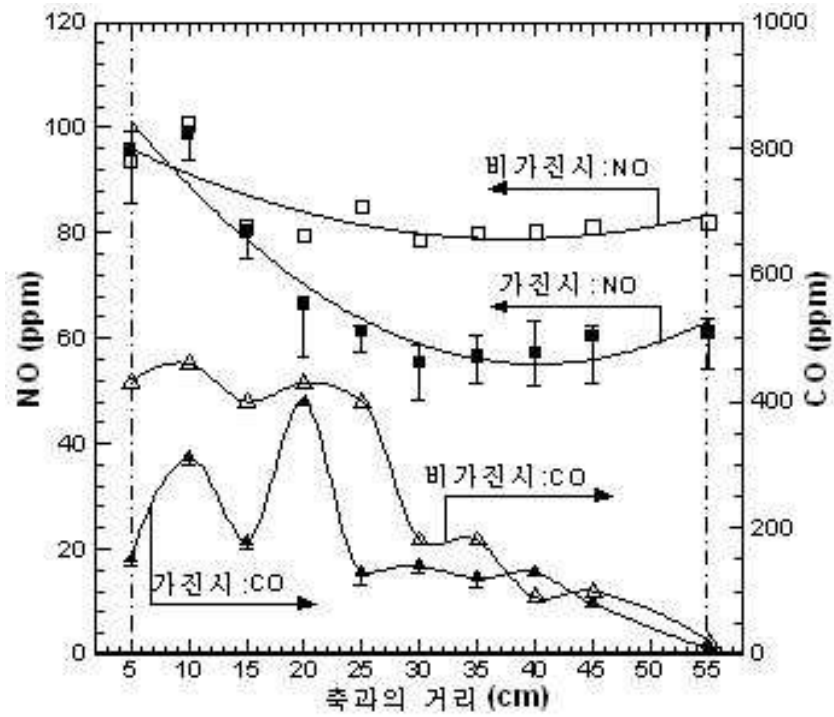
도면4



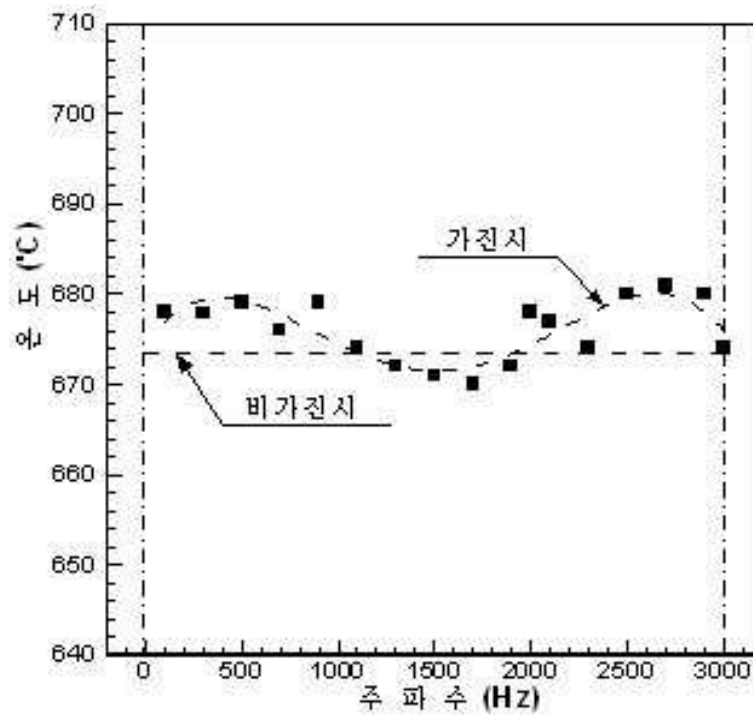
도면5a



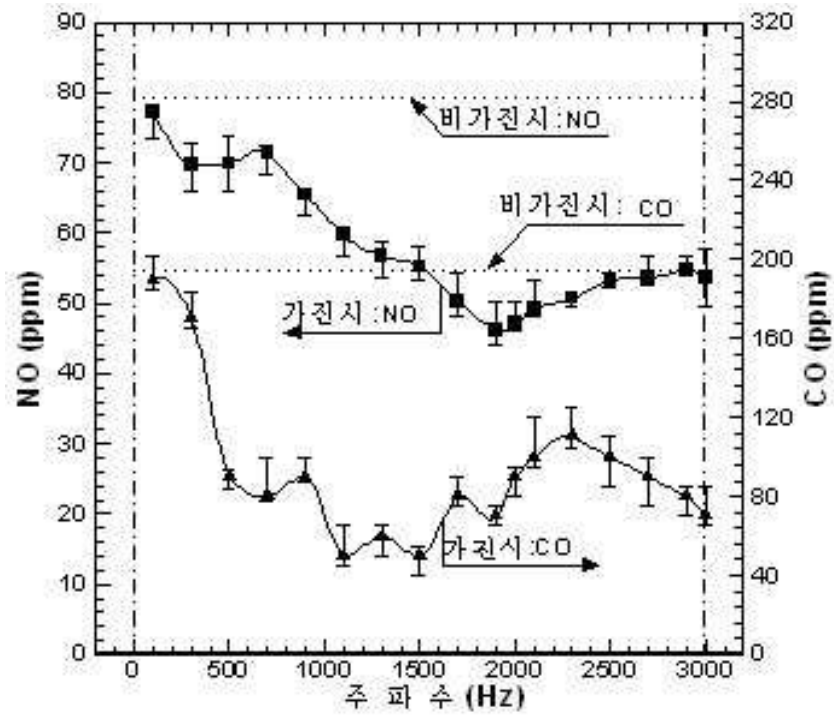
도면5b



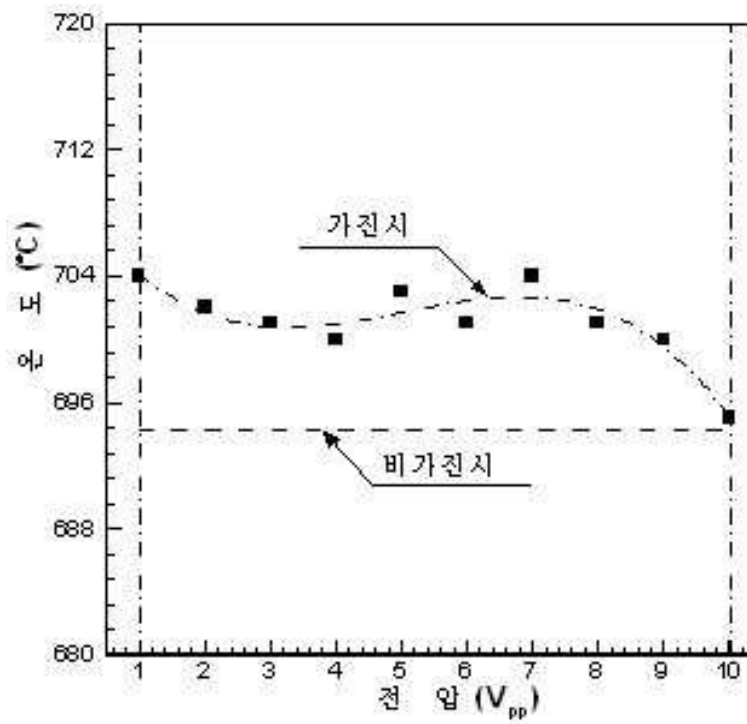
도면6a



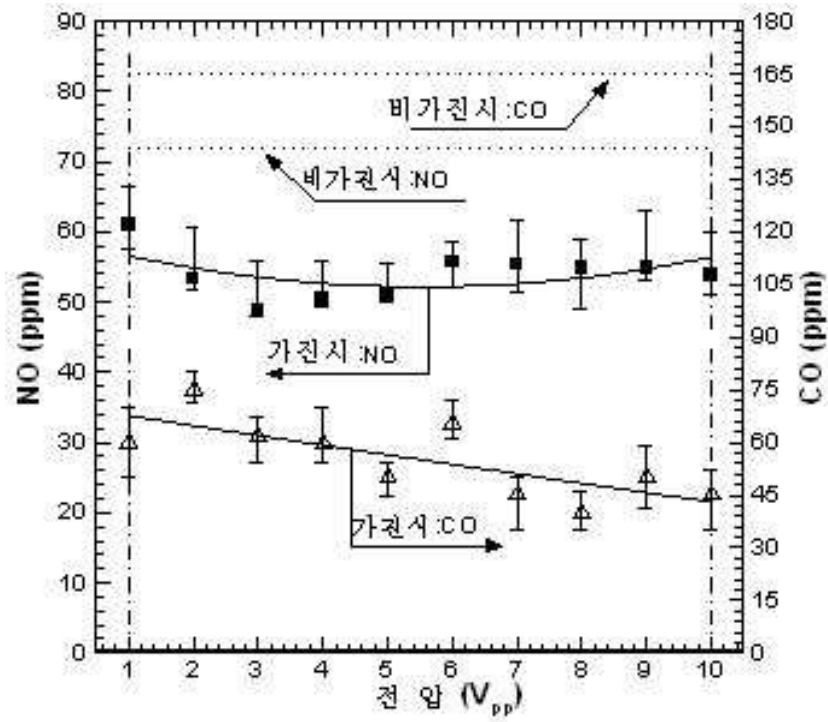
도면6b



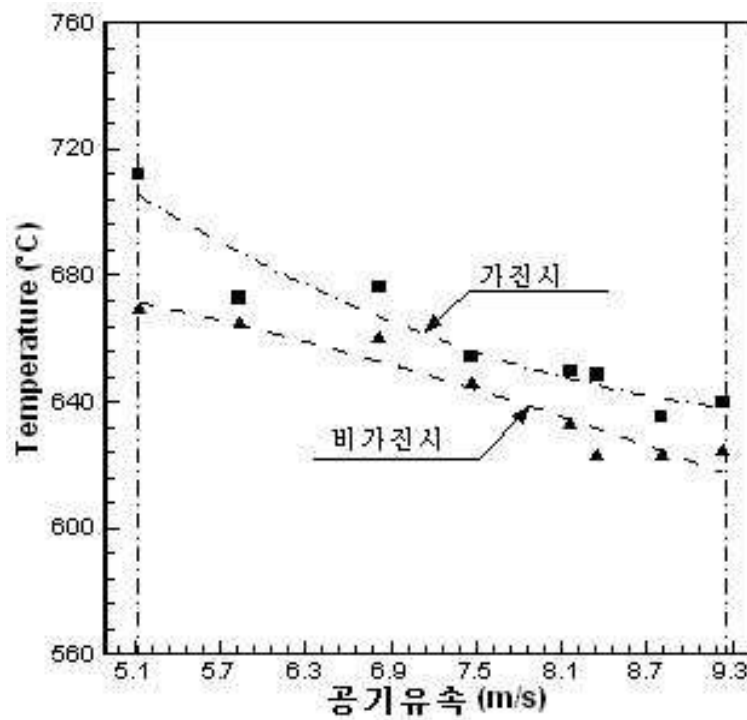
도면7a



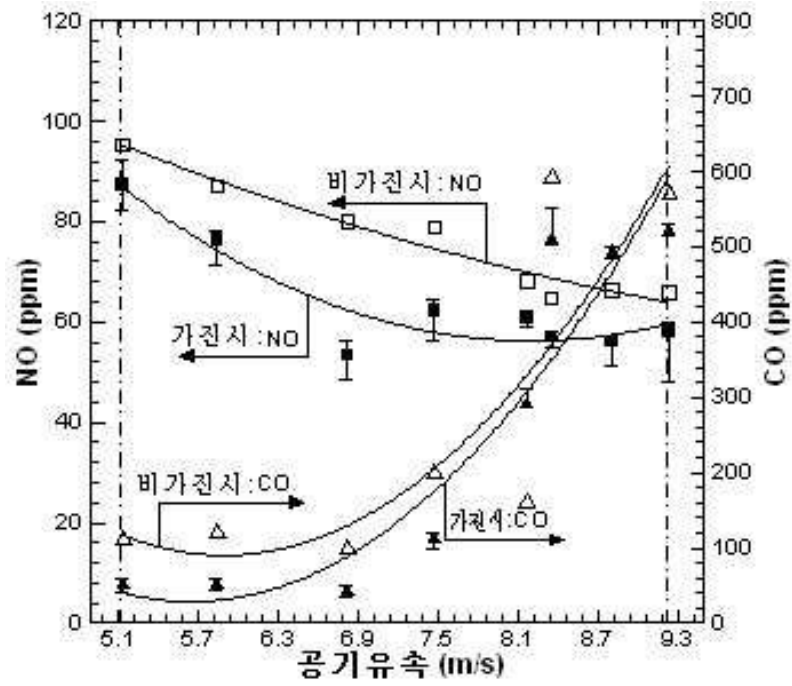
도면7b



도면8a



도면8b



도면9

