



도시가스에 의한 지역냉난방용 보일러기술

이태원/공학박사·한국건설기술연구원 기전연구실

1. 서언

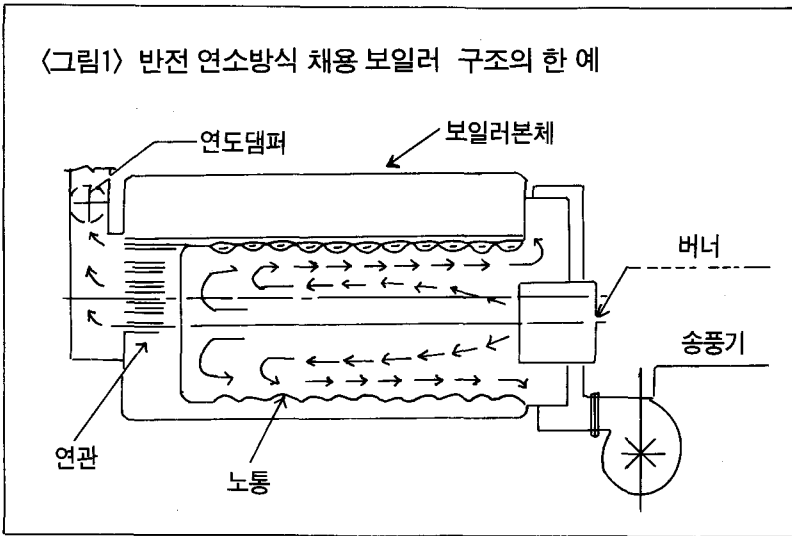
최근 도시문화가 비약적으로 발달되면서 산업의 규모는 물론 주거용 건축물의 규모도 거대해지고 이에 따라 도시지역에서의 환경오염 문제가 대두된 지도 이미 오래전의 일이다. 현재 대형 아파트 단지 등 대부분의 대규모 주거용 건축물에서는 냉난방을 위한 연료로써 유류 및 전기 등을 사용하고 있으나, 지역냉난방의 채용에 따라 도시가스를 연료로 사용하는 경향이 커질 것으로 전망된다. 최근에 지역냉난방용으로 채용되는 몇가지 가스보일러의 기술동향과 연소제어 방법 및 저 NO_x 대책을 다음에 소개한다.

2. 기술동향

〈그림 1〉은 반전 연소방식을 채용한 보일러의 구조를 도시한 것이다. 이 보일러에는 반전 연소방식이 채용되고 있어 연소가스가 화통내에서 반전하여 되돌아가는 구조로 되어 있고, 연소가스가 전연실에서 연관군(煙管群)으로 유입하게 되어 있어 보일러는 간단한 구조로 되어 있다. 이 보일러는 다음과 같은 특징을 가지고 있어 도시가스에 의한 지역냉난방용 보일러로도 많이 사용될 수 있을 것으로 전망된다.

① 버너는 노통의 중심에 부착되어 있고, 연소가스가 부드럽게 흘러들어 가므로 연소가 안정된다.

〈그림1〉 반전 연소방식 채용 보일러 구조의 한 예



- ② 노통내에서 연소가스가 반전하기 때문에 자기 배기가스 순환이 일어나 NO_x의 발생량이 저하된다.
- ③ 연관에는 특수한 나선관을 채용하여 열전달률을 향상시키고, 연관관은 하나의 경로로 하여 화통 연관 보일러의 공간절약, 고성능화 및 대용량화

는 장점을 가지고 있다. 수관식 보일러에 비하여 보유 수량이 많고 큰 부하변동에도 잘 견디는 성질을 가지고 있다.

한편 〈그림 2〉에 보인 바와 같은 직진 연소방식은 반전 연소방식의 장점을 살린 방식으로 고도의 NO_x 대책을 가능하게 해준 것은 물론 다음과 같은 특

가 가능하다.

또한 위의 반전 연소기술을 기본으로 하여 도시가스의 연소기술을 충분히 활용한 가스 전용 보일러도 있는데, 이는 위의 반전 연소방식 채용 보일러와 같은 특징을 가지나, 고성능, 고속 버너와 대용량 보일러 제작이 가능하게 된다. 이 보일러에는 저 NO_x화를 꾀할 수 있다. 또 이 보일러는 형상이 단순한 노통과 특수연관을 조합하여 사용한 간단한 구조로 되어 있어 취급이나 보수, 점검이 용이하다

점을 가지고 있다.

① 후연실의 주위가 완전히 수냉벽으로 되어있어 방열량이 감소된다.

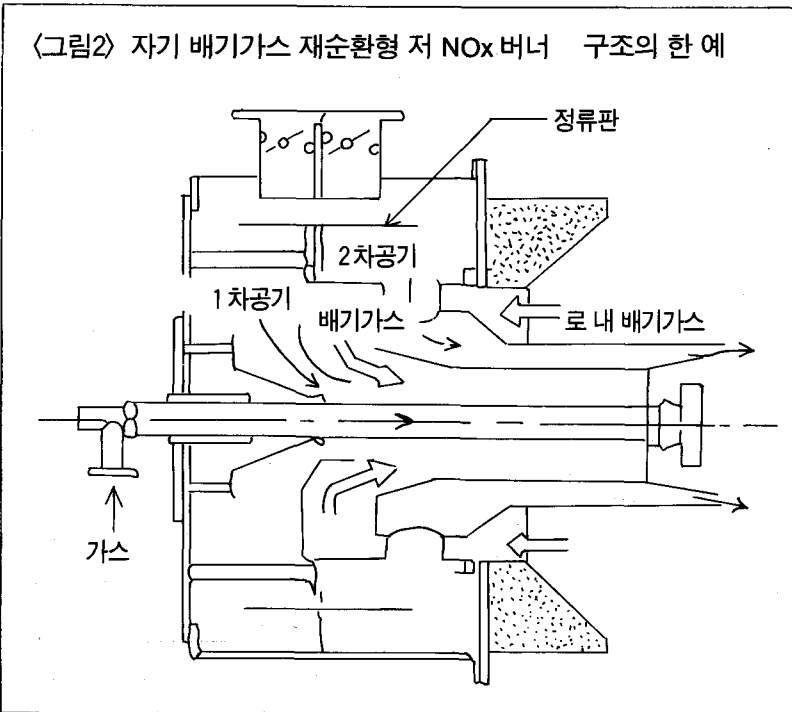
또 후연실에는 내화재를 전혀 사용하지 않아서 유지, 보수의 필요성이 없다.

② 표준시의 열효율이 88%, 열회수장치를 부착할 때가 92%로 열효율이 높다.

③ 보유 수량(保有水量)이 많아서 압력변동이나 수위변동이 적으므로 부하변동에 따라 크게 영향을 받지 않는다.

도시가스는 유류를 연료로 사용할 때에 비하여 탄산가스의 발생량이 적고 저 NO_x화에 더욱 유리한 연료라는 장점이 있어 앞으로는 도시

〈그림2〉 자기 배기가스 재순환형 저 NO_x 버너 구조의 한 예



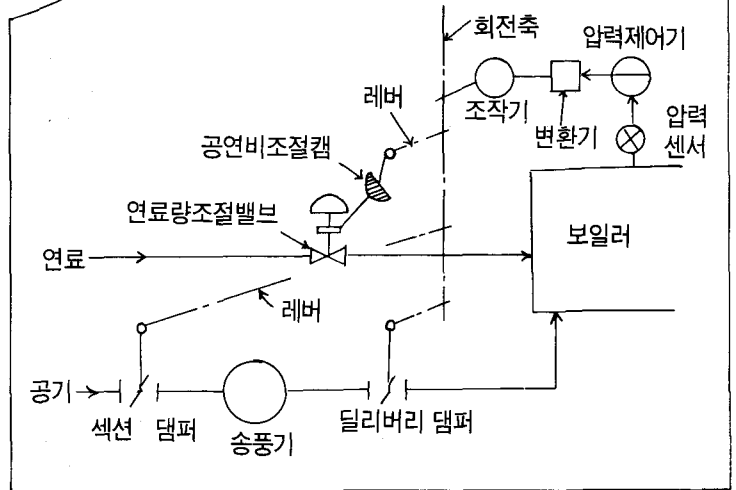
가스를 연료로 하는 지역 냉난방용 보일러의 사용이 더욱 늘어날 전망이다.

3. 연소제어 방법

최근 에너지의 효율적 사용은 물론 도시지역에서의 환경오염 문제의 대두로 인하여 도시가스를 연료로 사용하는 지역냉난방의 채용이 점차 증가하고 있고, 이에 따라 보일러의 대용량화 및 공연비(空燃比) 제어성능 향상 등에 대한 수요도 증대될 것으로 전망된다.

지금까지 중소용량 보일러의 연소 제어에는 연료량 조절밸브나 공기량 조정댐퍼를 링크레버에 의하여 기계적으로 콘트를 모터에 연결하여 공연비를 제어하는 방식으로 기계식공연비 제어시스템을 채용하여왔다. 이 시스템은 구조가 간단하고 가격이 저렴하다는 장점이 있으나, 보일러의 대용량화

(그림3) 기계식 공연비 제어시스템의 예



및 공연비 제어 성능향상 등의 수요가 높아짐에 따라 기계적 특유의 히스테리시스 특성에 대한 개선책이 요구되고 있다. 이러한 수요에 대응하기 위하여

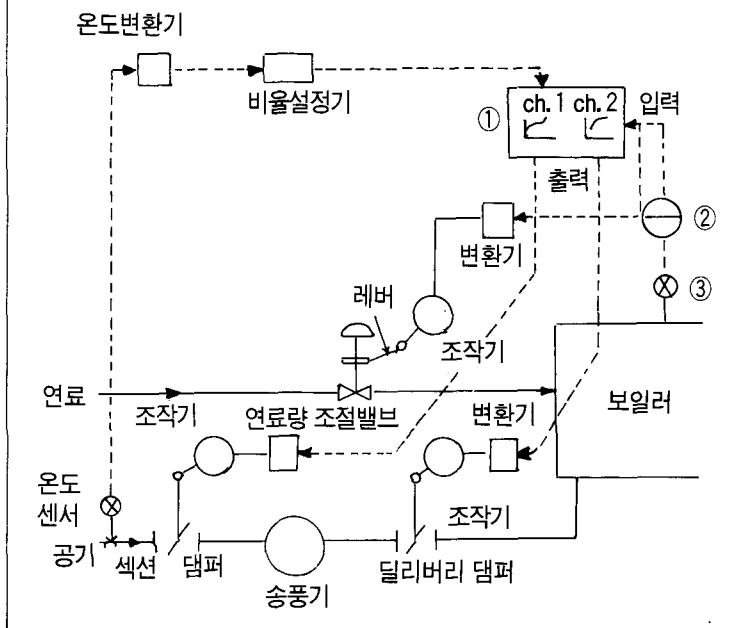
최근의 보일러에는 마이크로 컴퓨터를 탑재한 공연비 제어장치가 채용되게되었다. 이러한 전자식 공연비 제어시스템은 디지털 신호에 의하여 공연비를 최적으로 제어하는 방식으로 종래의 기계식 시스템과는 원리가 전혀 다르다. 다음에 종래의 기계식 공연비 제어 시스템의 문제점과 전자식 공연비 제어 시스템의 특징 및 장점에 대하여 기술한다.

1) 기계식 공연비 제어시스템의 문제점

종래에는 공연비의 제어를 위하여 (그림 3)과 같이 링크 레버나 공연비 미세조정용 공연캠 이용 링크기구를 채용한 기계식 시스템이 중소용량의 자동식비례제어 보일러에 주로 채용되어왔다. 그러나 링크레버를 접합하는 핀의 접합 등에 문제점이 있어 정

(그림4) 전자식 공연비 제어시스템의 예

① 연산기 ② 입력제어기 ③ 압력센서



밀한 공연비 제어가 어렵고, 경험에 의하여 공기량을 어느 정도의 여유를 두고 필요 이상으로 공기를 공급하는 듯한 공연비 조정을 하는 경우가 많다. 그 이외에 다음과 같은 현상도 개선되어야 할 점들이다.

- ① 저부하에서 고부하로 연소이행시의 공연비와 고부하에서 저부하로 연소이행시의 공연비가 매우 다르다.
- ② 공연비 미세조정용 공연캠의 조절에는 어느 정도의 경험과 숙련이 필요하다.
- ③ 외기온도 등이 변화하면 공연비가 바뀐다. 이에 따라 적절한 연소범위 외로 공연비가 바뀌면 불완전연소나 진동연소 등이 발생할 수 있으므로 그 경우에도 연소를 위한 공연비 조정을 할 수 있어야 한다.

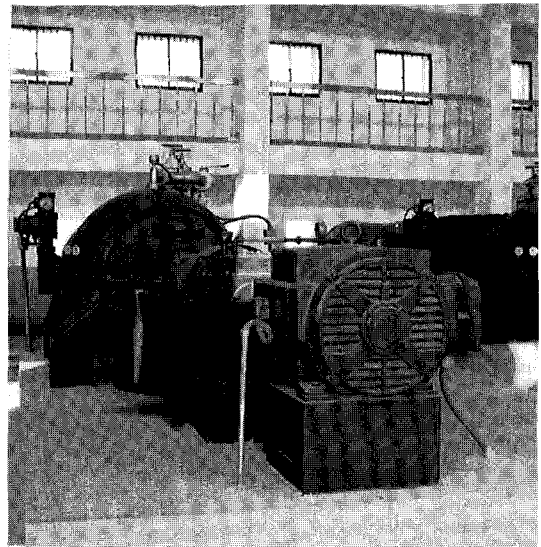
2) 전자식 공연비 제어시스템의 특징 및 장점

전자식 공연비 제어시스템에는 다양한 종류가 있지만 여기서는 전자식 연산기를 사용하는 공연비 제어시스템을 소개한다. <그림 4>에 그 일례를 표시했듯이, 이 시스템에는 다음과 같은 특징 및 장점이 있어 최근의 지역냉난방용 노동연관 보일러 등에 널리 사용되고 있다.

- ① 연료량 조절밸브와 공기량 조정 댐퍼에 각각 단독의 조작기를 부착해서라도 동기가 확보된다. 따라서 복잡한 링크 레버기구가 필요치 않고 공연비 제어장치의 신뢰성 및 재현성이 향상된다.
- ② 여러 지점으로부터 받은 신호를 분석하여 최적의 공연비를 산출할 수 있게 해주는 특성이 키의 조작에 의하여 간단하게 설정되기 때문에 공연비 조정이 키의 조합으로 비교적 용이하다.
- ③ 공기온도 센서나 가스 O_2 센서를 부착하여 공기온도나 배기가스 중의 O_2 농도에 따라 공연비를 자동적으로 보정하는 기능을 장치할 수 있다. 이 기능에 따라 항상 최적의 공연비 제어가 가능하다.
- ④ 배기가스 O_2 모니터 등을 보며 콘트롤러의 키보드로써 비교적 용이하게 최적의 공연비로 정할 수 있기 때문에 연소관리를 정확히 할 수 있다.
- ⑤ 급격한 부하변동이 있는 경우 마이크로 컴퓨터에 내장된 변화율이나 출력 상하한 제어기능에

따라 제어동작을 완만하게 하고 각 조작기의 조작을 보호하면서 제어를 수행하므로 제어성능이 향상된다.

- ⑥ 조작기가 어떤 원인에 의하여 동작이 멈추면 스틱검출기가 작동하여 버너를 안전하게 차단한다. 또 단선 등에 의하여 조작에 필요한 출력의 발생 및 전달이 불가능한 경우 등에도 같은 방법에 의하여 버너를 차단한다.

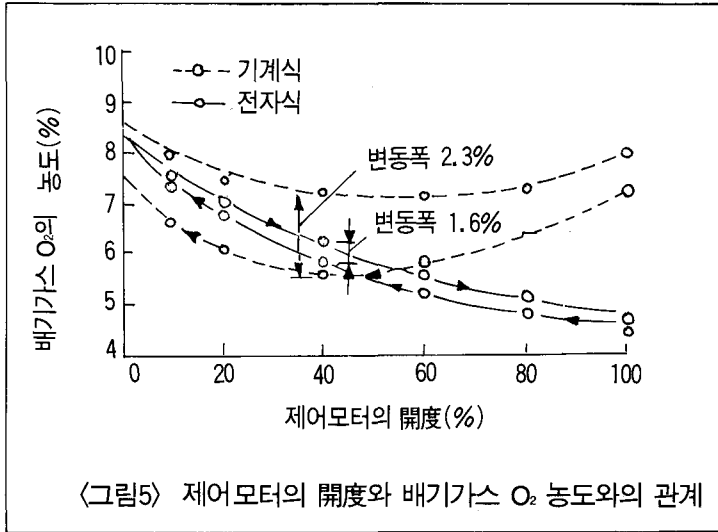


3) 기계식과 전자식 공연비 제어시스템의 비교

- ① 그림 5에 나타냈듯이 배기가스 O_2 의 히스테리시스는 기계식시스템의 경우 2.3%였지만 전자식시스템의 경우는 약 1.6%로 감소하였다. 이러한 장점에 따라 종래보다도 배기가스중 O_2 특성을 1-2% 낮게 설정할 수 있어 보일러의 열효율이 1-2%정도 향상된다.
- ② 종래에는 부하율 10-20%의 저부하 연소시에 공연비의 재현성이 좋지않아 배기가스 O_2 의 편차가 커졌으나, 전자식 시스템의 경우는 O_2 의 편차가 작아져 안정연소를 할 수 있게 되어 연료조절 범위를 확대할 수 있다.
- ③ 보일러의 부하변동이 큰 경우라도 효율이 높고 안전운전이 가능해야 한다는 점이 지역냉난방용 보일러에서 특히 요구되는 사항이다. 이를 위하여 정격연소량과 저연소량과의 비율(턴다운비)

을 가능한한 크게하고 최적의 연소비로 연속운

실제로는 필요에 따라 다음에 기술하는 강제 배기 가스 순환이나 수증기 분사 등의 저 NO_x 대책이 병용되는 경우도 있다.



2) 강제 배기가스 순환 연소

(그림 6)에 연소를 위한 공기공급용 송풍기의 흡입측에 배기가스를 재순환시키는 경우의 일례를 도시하였다. 도시가스 연소 전용 저 NO_x 버너로 강제 배기가스 순환을 할 경우의 배기가스 순환 연소의 NO_x 저감효과(즉 저감률)의 실측예를 (그림 7)에 도시하였다. 이 예에서는 배기가스 재순환률 10% 정도의 강제 배기가스 순환을 할 경우 약 25% 정도의 NO_x가 저감된다.

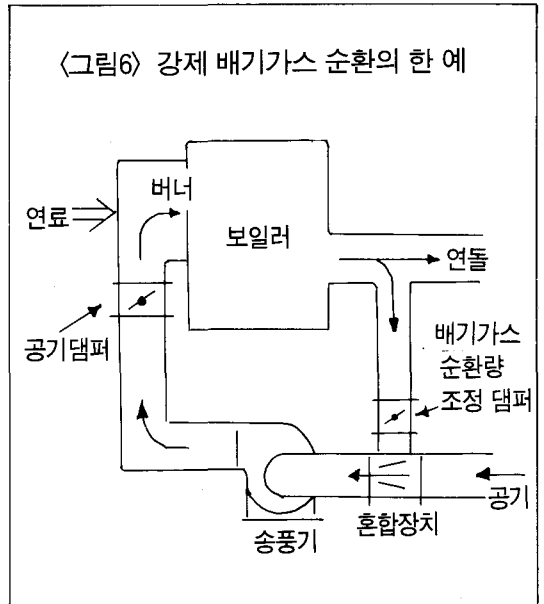
전을 하는 것이 필요하다. 전자식 공연비 제어 시스템에서는 전술한 바와 같이 공연비의 재현성이 좋기 때문에 턴다운비를 1 : 8-10정도로 하더라도 안정된 운전이 가능하기 때문에 배기가스 중의 O₂나 NO_x 배출농도의 재현성도 좋아진다. 그러나 종래의 기계식 시스템에서는 버너의 기능 등에 따라서도 다르지만 턴다운비는 대략 1 : 5정도이다.

4. 저 NO_x 대책

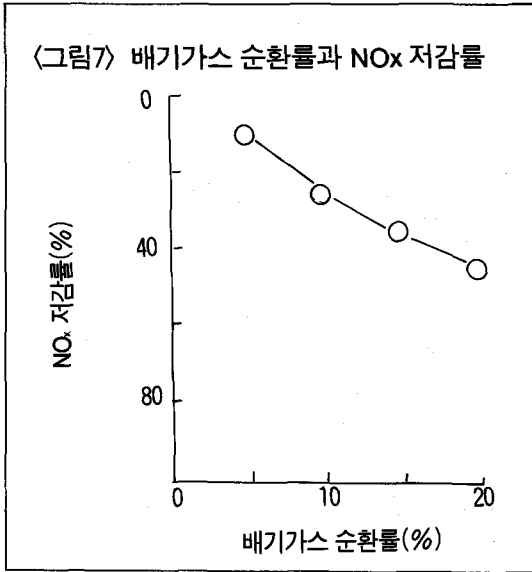
가스보일러의 저 NO_x 대책에는 여러가지 방법이 있지만 여기서는 실제로 지역난방용 도시가스 보일러에 채용되고 있는 저 NO_x 대책을 소개한다.

1) 저 NO_x 버너 사용

(그림 2)에 도시한 버너 중앙의 1차공기 노즐로부터 분출된 연소공기는 그 모멘텀에 의하여 로 내의 배기가스를 생성한다. 도시가스 연료는 센터 캠의 복수 노즐공으로부터 분출되어 연소한다. 이렇게 하여 연소된 배기가스의 자기 재순환, 분할화재 및 박막연소 등의 화재에 의한 버너를 이용함으로써 NO_x 배출농도를 저감시킬 수 있다.



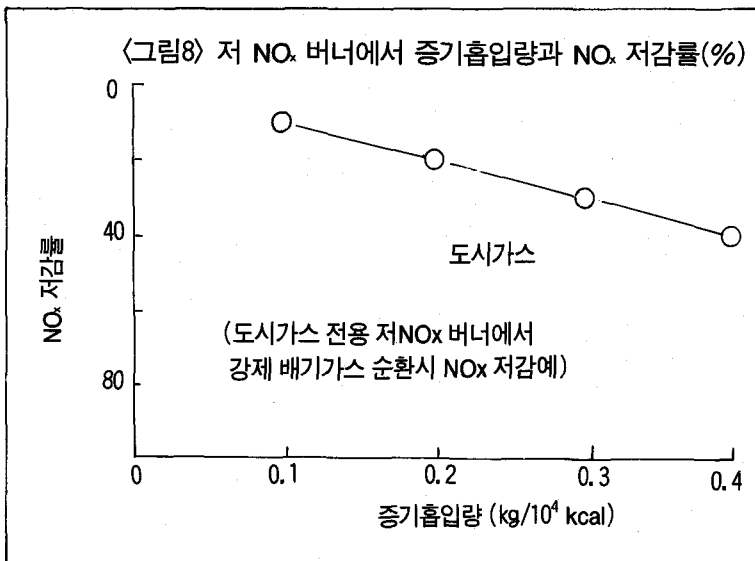
실제의 지역난방에서는 에너지절약 대책이 많이 시행되고 있지만 그 하나의 방법으로서 공기에 열에 의하여 약 4%의 열을 회수할 수 있다. 이때 상온의 공기에 대한 NO_x 배출농도에 비하여 예열된 공기에 대한 NO_x 배출농도가 약 40% 상승된다. 이러한 경우에 NO_x 배출농도의 상승을 억제하는



하나의 방법으로서 〈그림 6〉에 나타낸 예에 따라 강제 배기가스 순환 연소방식이 채용될 수 있다. 그러나 실제의 강제 배기가스의 순환률과 NO_x의 저감률은 보일러나 버너의 종류에 따라 상당한 차이가 있어 최적의 저 NO_x 배출대책의 채용이나 정도가 높은 NO_x 배출농도의 예측은 어느 정도 경험에 의하여야 할 것이다.

3) 보일러 부하율의 저감

일반적으로 보일러의 부하율을 저감시키면 NO_x



배출농도는 저감하는 경향이 있다. 또한 실제의 운전에서는 연료의 연소량을 가능한한 저감하려는 에너지절약 등을 모색함에 따라서 NO_x 배출농도를 저감시킬 뿐만 아니라 배출량의 절대치도 줄일 수 있다. 또 전술한 저 NO_x 대책과 함께 보일러의 선정 크기를 약간 크게 함으로써 실제의 부하를 저감시켜 NO_x 배출농도를 저감시키는 방법도 있다. 그러나 이 경우에는 필요한 보일러의 용량(증발량)에 비하여 보일러의 설치면적이나 비용이 증가하여 실제로 이 방법은 거의 사용되지 않고 있다.

그러나 이미 설치한 보일러에서 에너지절약이 어느 정도 진척되어 실제 보일러의 부하율이 저감된 경우에는 버너의 교체 등에 의하여 개선하여 실제 연소량을 저감시킴으로써 저 NO_x화의 한 방법으로서 유효하다. 역시 이러한 경우에는 가능한한 NO_x 배출농도가 작은 버너를 사용해야 할 것이다.

4) 수증기 분사

이 방법은 버너의 연소화재 주위 또는 연소가스의 고온부에 수증기를 분사시켜 NO_x 발생을 억제하는 방법으로 그 저감효과는 버너의 종류 등에 따라 상당한 차이가 있다. 〈그림 8〉에 저 NO_x 버너에 대하여 증기흡입량과 NO_x 저감률 사이의 관계를 예를 들어 도시하였다. 실제 버너에서는 수증기 노즐의 내구성 등을 고려한 버너의 구조로 하는 등의 검토가 필요하고, 수증기 분사율에 대한 연구도 필요하다.

5. 결언

지역난방에 사용할 수 있는 고신뢰성, 안정된 질 및 많은 열공급을 위하여 필요한 기술은 다음과 같다.

1. 적은 공간, 대용량을 가능하게 하는 독창적이고 신뢰성이 높은 보일러 기술
2. 고도의 연소기술로 엄격한 환경기준에 대응하면서 보일러의 특성을 최대한으로 살리는 고효율 연소장치 기술
3. 보일러설비를 체계적으로 분석해 최적의 에너지 장치와 최신 기술을 구사한 제어 장치의 이용 기술