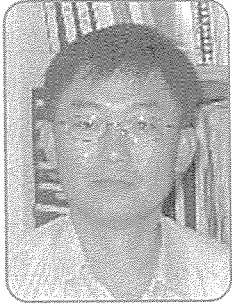


소형열병합발전시스템의 NO_x생성원리 및 저감기술



한국가스공사 연구개발원
이용기기연구센터
손 화승
책임연구원/공학박사
Tel : (031)400-7529

1. 개요

에너지자원이 부족하고 전체에너지 사용량의 98% 이상을 수입에 의존하는 국내현실에서 에너지의 효율적 이용은 국가 경쟁력 향상과 직결되는 중요한 문제이다. 이와 함께 환경공해 문제 해소를 위한 천연가스 사용확대, 계절별 가스/전력의 수급 불균형 해소 등 복합적인 문제등을 동시에 해결해야 되는 시급한 과제라고 할 수 있다.

최근 화석연료의 지나친 남용으로 인하여 지구환경 오염문제가 크게 대두됨에 따라 에너지의 효율적 이용과 온실가스 규제에 대응할 수 있는 저공해 기술개발이 더욱 필요하게 되었다. 특히 산업의 고도발달과 생활수준의 향상으로 천연가스 소비량은 국내외를 막론하고 지속적인 증가추세를 보여왔다. 천연가스는 석탄 등 고체연료, 석유류 등 액체연료에 비하여 연소효율이 높고 CO₂ 등 배가스 공해물질 배출량이 낮으므로 환경공해억제에 크게 기여할 수 있는 반면, 심각한 공해물질인 NO_x의 배출특성은 연료특성보다는 연소특성에 좌우되므로 타연료에 비해 감소폭이 적으며, 원료비 측면에서도 비교적 고가이므로 연료의 효율적 사용문제와 저공해 연소에 관련된 연구는 대단히 중요하다.

천연가스는 이러한 환경 친화적인 연료임에도 불구하고 연소조건에 의해 지배되는 질소산화물(NO_x)

발생량의 저감효과는 비교적 미미하다. 대기의 스모그 현상과 금속물질의 부식을 유발하는 NO_x는 환경공해에 미치는 영향이 매우 크므로 전 세계적으로 발생량 규제를 엄격히 시행하고 있으며 국내에서도 특히 천연가스 열병합 발전설비의 경우 2004년까지 50ppm(O₂ 13%) 이하로 규제하는 등 대폭 강화하고 있다. 열병합 발전의 핵심 원동기인 가스터빈 시스템의 NO_x 저감기술로 연소기내에 증기 또는 물을 분사하여 화염온도를 낮추므로써 NO_x를 저감하는 기술에 대하여 많은 연구가 진행중에 있다

현재 천연가스 복합화력발전소, 도심지지역의 열병합발전소, 산업체 연소로, 도심지의 냉난방 연소로 등 연소설비는 환경공해문제로 인한 법적규제와 편리성으로 대부분이 고체 또는 액체연료에서 천연가스 연료로 교체되고 있으므로 배가스 공해물질인 CO₂ 배출량은 크게 감소하고 있다. 그러나 스모그형성과 산성비 및 인체에 해로운 영향을 미치는 공해물질인 NO_x는 청정연료로 알려진 천연가스의 연소시에도 상당량 발생되므로 이에 대한 연구는 대단히 중요하다. 이에 대한 대안으로 현재 천연가스를 연료로하는 보일러 등 대부분의 연소기에서는 고효율화에 의한 연료절감과, NO_x저감을 위한 방법으로서 연소기내에 비교적 과잉공기를 공급하여 화염의 국부적 고온화를 억제하는 희박연소방법, 일부 원동기 연소에서 배기가스 재순환법 및 물분사에 의한 연소온도 상승억제에 의한 방법 등이 연구되고 있다.

본 논고에서는 NO_x 규제대상인 소형열병합발전시스템 즉 가스엔진 및 가스터빈을 중심으로 발생하는 NO_x의 생성원리와 이에 대한 저감기술을 중심으로 소개하고자 한다.

2. NO_x 생성원리

2.1 NO_x의 공해문제

NO_x는 모든 질소산화물(NO, NO_x, . . .)의 총칭

으로 석탄 등 연료에 포함된 성분이 산화되어 발생하는 연료(fuel) NOx와 연소용 공기중의 질소가 고온의 연소과정에서 산소와의 화학반응으로 고온 열분해하여 생성되는 급속(prompt) NOx 및 열적(thermal) NOx로 구분된다. 천연가스의 경우 연료중에는 질소 성분을 함유하지 않으므로 연소시 발생하는 NOx성분은 급속(prompt) NOx와 열적(thermal) NOx에 의한 것이라 할 수 있다. 연소과정에서 다량의 공기가 공급되지 않는 한 배가스의 NOx성분은 대부분 NO이며, 일부 NO2는 공기중으로 노출된 NO가 외부에너지를 받아 변환된 것이다.

연소시 배출된 NOx성분이 환경공해 즉 대기오염을 일으키는 것은 도심지 지역의 햇빛을 차단하는 스모그 현상으로서 과정을 보면 다음과 같다. 연소기에서 배출된 배가스는 수직으로 상승하면서 많은 양의 공기와 희석된다. 그러나 그림 1에서와 같은 조건의 대기권에서는 고도가 상승함에 따라 온도는 0.6°C/100m로 상승하게 되며 일정 고도가 넘으면 다시 감소하게 된다. 이와 같이 대기온도가 상승하다가 하강하는 현상은 보통 지상으로부터 150~300m에서 발생하며 이러한 현상을 기온역전(temperature inversion) 현상이라 하고 발생하는 기층을 역전층(inversion layer)이라 한다.

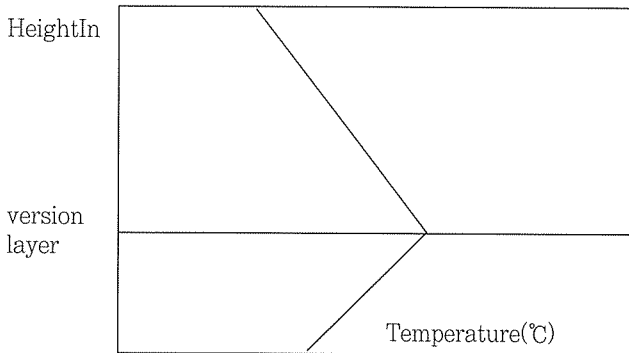


그림 1 대기중 고도에 따른 온도분포

역전층은 대기가 안정된 상태로 수직적인 순환이 일어나지 않으므로 지표면 연소기에서 발생한 배가스 물질이 상승하다가 역전층에서 흩어지지 못하고 정체되어 대기오염을 심화시키게 된다. 역전층에 정체된 NOx 및 황산화물 등 기체 미립자는 중성입자(먼지, soot, ash 등)와 함께 역전층에서 직접적인 스모그를 형성하기도 하고 화학적 반응에 의한 광화학

스모그를 유발시키는 원인이 되기도 한다. 특히 광화학 스모그는 하절기 고온상태에서 발생되기 쉬우며 대기중에서 오존과 질소산화물, 반응성 유기화합물이 태양에너지를 흡수하여 반응할 때 발생하는 것이다

2.2 천연가스의 물성특성

전 세계적으로 생산되는 천연가스는 약 30여종으로 산지에 따라 구성성분과 발열량에서 다소 차이가 있으며 국내에서는 인도네시아, 말레이시아, 브루나이 등에서 주로 수입되고 있다. 천연가스의 주요 구성성분은 메탄이 주성분이고 기타 에탄, 프로판, 부탄 및 지역에 따라 이산화탄소, 질소가 함유된 천연가스도 있다.

표 1은 국내에 도입되고 있는 인도네시아, 말레이시아, 브루나이산 천연가스의 주요 구성성분을 25°C, 1기압 상태에서 실험을 통한 분석결과로서 조성 및 물성치를 나타내고 있으며 산지별 성분 및 물성치에서 거의 유사함을 보여주고 있다. 천연가스 공급시 유사한 성분 구성 때문에 공급시 별도의 조성변화나 열량 조절을 하지 않으며 국내에 도입된 LNG(Liquefied Natural Gas)는 저장탱크에서 산지별로 구별되지 않고 혼합되어 공급되므로 천연가스의 기본적인 물성치와 연소특성 결과로서 연소특성 및 NOx 생성반응에 기초자료이다.

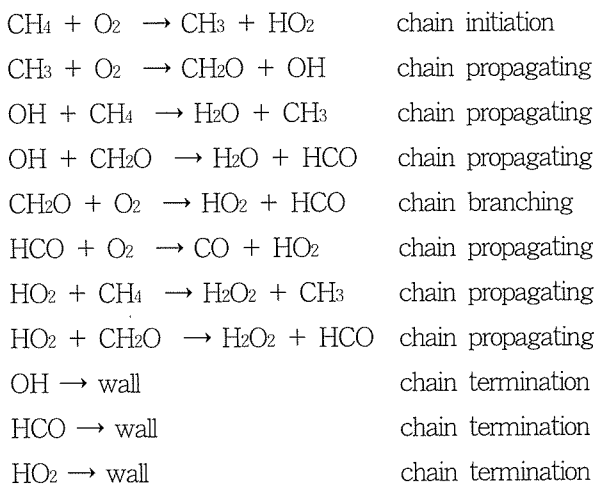
표. 1 천연가스의 물성

구분 \ 산지	Indonesia (Badack)	Malaysia	Brunei	천연가스 물성(측정결과)
CH4	90.87	91.78	88.0	90.87
C2H6	5.81	4.13	5.1	5.81
C3H8	2.38	2.7	4.8	2.38
C4H10	0.89	1.22	1.8	0.89
C5H12	0.03	0.07	0.2	0.03
N2	0.02	0.1	0.1	0.02
비중	0.618	0.619	0.654	0.618
발열량(kcal/Nm³)	10,500	10,500	10,963	10,500
WI	13,354	13,327	13,553	13,354
CP	41.62	41.18	41.46	41.62
필요공기량(m³/m³)	10.5	10.5	11.04	10.5
flame speed factor	14.58	14.57	15.01	14.58

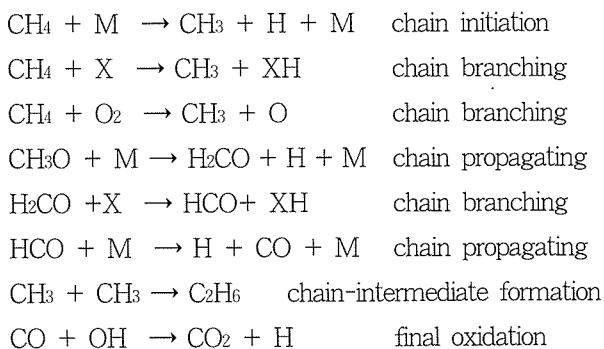
2.3 연소반응 기구(Mechanism)

천연가스는 약 90%정도가 CH₄성분이며 기타 C₂H₆, C₃H₈ 등이 약간 함유하고 있다. 일반적으로 주성분인 CH₄의 연소 및 배출물 특성은 점화온도가 높고, 연소속도가 낮으며, 광화학적 스모그 화학반응이 잘 일어나지 않는다고 알려져 있다. 여기서는 연소반응의 대부분은 CH₄ 반응이므로 우선 CH₄에 대한 연소특성을 중심으로 이론적인 특성을 살펴보고자 한다.

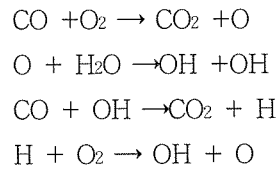
CH₄의 층류화염으로써 800K이하에서 지배적인 저온 반응 기구는 다음과 같다.



다음은 1,500K 이상의 고온반응에서 나타나는 주요 반응 기구(mechanism)이다.



여기서 반응의 과정에서 생성되는 CO 성분은 연소반응의 마지막 단계의 산화과정으로서 반응물이 H₂O나 H₂가 함유하면 CO의 산화반응은 아주 빠르게 진행될 수 있다.



위 식의 반응은 매우 느리므로 CO₂ 생성에 기여하지 못하며, 실제 CO의 산화과정인 식은 연쇄이동 반응으로서 O₂와 반응하여 OH와 O를 형성하는 H를 생성시키고 있다.

2.4 NO_x 생성(formation)

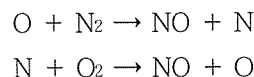
연료의 연소시 발생하는 NO_x 배출물(emission)은 대부분이 NO로 구성되어 있으며 이러한 NO_x는 특히 공기중에서 광화학 스모그를 유발하여 이로 인한 산성비의 심각성이 대두되고 있으며, 또한 오존을 생성하게 하여 인체에 치명적인 요인으로 작용하고 있다. 이러한 NO_x 배출물(emission)은 다음과 같은 대표적인 4가지의 경로를 통하여 나온다고 연구되어지고 있다.

- ① 열적(Thermal) NO_x
- ② 급속(Prompt) NO_x
- ③ 연료(Fuel) NO_x
- ④ 재연소(Reburning)

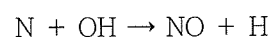
연료에서의 N₂ 성분은 존재하지 않으므로 연료(fuel) NO_x의 발생경로를 제외한 나머지 3가지에 대하여 각각의 발생경로를 살펴보면 다음과 같다.

① 열적(Thermal) NO_x

급속(Thermal) NO의 생성기구는 화학반응의 연쇄반응기구(chain reaction mechanism)의 대표적인 반응으로 다음의 2가지 반응으로 설명된다.



여기에 다음의 반응을 첨가하여 확장(extended) Zeldovich 기구라 부른다.



이상의 반응상수(rate coefficient)들은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} k_{1,f} &= 1.81011\exp(-38,370/T) \text{ m}^3/\text{kmols} \\ k_{1,r} &= 3.81010\exp(-425/T) \text{ m}^3/\text{kmols} \\ k_{2,f} &= 1.8107\text{Texp}(-4,680/T) \text{ m}^3/\text{kmols} \\ k_{2,r} &= 3.8106\text{Texp}(-20,820/T) \text{ m}^3/\text{kmols} \\ k_{3,f} &= 7.11010\exp(-450/T) \text{ m}^3/\text{kmols} \\ k_{3,r} &= 1.71011\exp(-24,560/T) \text{ m}^3/\text{kmols} \end{aligned}$$

이 반응들은 복잡한 연소반응과정과 함께 일어나거나 정상상태(steady state) 즉, 중간생성물들의 생성과 소멸이 같다고 가정할 수 있다. 이러한 상태는 중간생성물 생성 반응이 매우 느리고, 또한 그 것의 소멸 반응이 매우 빠른 경우에 발생할 수 있다. 그 결과 반응물과 생성물의 농도에 비하여 라디칼의 농도는 상대적으로 매우 적게 된다. 이 경우 열적(thermal) NO의 반응속도는 연료의 반응속도에 비하여 상당히 느리므로 O, OH, N₂의 농도는 평형상태로 가정할 수 있으며 N원자는 정상상태로 가정할 수 있다.

$$\frac{d[NO]}{dt} = k_{1,f}[N_2][O] + k_{2,r}[N][O_2]$$

$$\frac{d[N]}{dt} = k_{1,f}[N_2][O] - k_{2,r}[N][O_2]$$

여기서 [NO]는 반응초기에 다른 성분들에 비하여 작으므로 역반응은 무시할 수 있고, 정상상태라 가정하면 d[N]/dt=0이므로

$$[N]_{ss} = \frac{k_{1,f}[N_2][O]}{k_{2,r}[O_2]}$$

$$\begin{aligned} \frac{d[NO]}{dt} &= k_{1,f}[N_2][O] + k_{2,r}[O_2]\left[\frac{k_{1,f}[N_2][O]}{k_{2,r}[O_2]}\right] \\ &= 2k_{1,f}[N_2][O] \end{aligned}$$

위의 반응에너지는 연료의 산화반응에 비하여 상당히 높으므로(319,050kJ/mol), 온도에 대하여 종속적이며, 보통 1800K이하에서는 활발한 반응이 일어나지 않으며 연료반응의 시간에 비하여 상당히 느리므로 열적(thermal) NO는 주로 화염후류에서 생성된다.

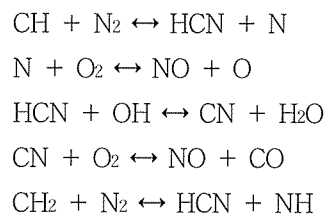
그러나 화염대에서와 같이 고온분위기에서는 NO 반응속도가 연료의 반응속도와 같아지므로 O, OH등

의 라디칼 농도가 급격히 증가하게 된다. 결국, 초평형(super equilibrium) O에 의해 NO 생성속도가 크게 가속되므로 위식을 이용한 NO 계산치는 실제 값과 큰 차이가 날 수 있으므로 화염대에서의 NO 계산시에는 연료 반응에 NO의 반응기구도 고려하여야 한다.

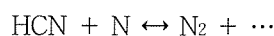
② 급속(Prompt) NOx

탄화수소계 연료를 사용하는 경우 NOx의 생성은 직접 분자의 산화에 의하여 생성되어지는 것보다 초과하여 생성되어진다고 알려져 있다. 이러한 초과분에 대하여 Fenimore 등이 실험적인 방법을 토대로 하여 급속(prompt) NOx를 처음 제시하였다. 특히 낮은 온도나 당량비가 농후한 경우와 지연시간(residence time)이 작은 경우에 이러한 열적(prompt) NOx는 주요한 생성 요인이 된다고 알려지고 있다. 가장 대표적인 시스템은 표면연소버너(surface burner), 다단연소(staged combustion), 가스터빈이며 이들에서는 총 NOx 발생량 중에서 큰 비중을 차지하고 있다. 그러나 대부분의 급속(prompt) NOx는 정지연소기(stationary combustor)에서의 총 NOx 생성에 대한 기여는 작지만, 현재 연소기 형태의 급격한 발달로 총 NOx 생성량의 저감을 이루려는 목적에서 이러한 부분도 역시 중요한 요인으로 인식되고 있다.

급속(Prompt) NOx는 농후한 화염에서 특히 잘 나타난다. 실제 생성은 복잡한 화학반응단계로 구성되어 있으며 이들 화학반응단계들에서는 많은 중간 성분이 다루어지고 있다. 대표적인 반응들은 다음과 같다.



여기서 많은 성분들이 화염 형성의 과정에서 나타나지만 탄화수소 화염의 급속(prompt) NOx의 생성 근원은 CH와 CH₂이다.



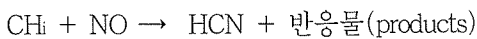
특히 급속(prompt) NOx의 생성은 단위 부피당의 C원자의 수에 비례하며 원래의 연료의 성질과는 무관하다. 당량비가 증가하여 탄화수소 반응물(radical)들이 증가하면 HCN의 생성량이 증가하게 된다. 그러므로 당량비가 증가하면 급속(prompt) NOx의 생성은 처음에는 증가하다 정점을 지나 산소의 영향으로 적어진다. 따라서 위의 반응중에서도 CH와 관련된 반응이 초기반응(primary reaction)이 되므로 급속(prompt) NOx의 생성률을 대표하게 된다.

$$\frac{d[NO]}{dt} = k_0[CH][N_2]$$

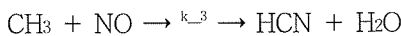
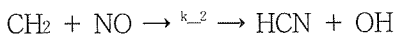
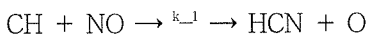
최근의 연구 결과에 의하면 NOx 생성률이 최대가 되는 위치는 CH의 분포가 최대가 되는 위치에 근접하여 있으며 이러한 사실은 CH 반응(reaction)에서 급속(prompt) NOx가 생성된다는 것에 대한 입증이 되고 있다.

③ 재연소(Reburning)

재연소(Reburning) NO 기구는 다른 경로를 통하여 생성된 NOx와 배기가스 중의 탄화수소가 재반응을 하여 NO의 생성을 줄이는 역할을 하는 기구이다.



이들 중 다음과 같은 세가지의 반응들에 대하여 $1600K \leq T \leq 2100K$ 의 범위에서 적용될 수 있다.



위의 반응들을 이용하여 NO의 생성률을 계산하면 다음과 같다.

$$\frac{d[NO]}{dt} = -k_1[CH][NO] - k_2[CH_2][NO] - k_3[CH_3][NO]$$

여기서 NO의 생성은 위의 식에도 나와 있듯이 감소를 나타내고 있다. 따라서 위에서 살펴본 NO의 생

성 경로에 관한 연구를 토대로 하여 연소기 내부로의 물(증기)의 분사에 따른 NOx의 생성저감이 가능하다. 이는 연소기 내부의 온도를 낮추는 역할과 동시에 연소기 출구에서의 질량 유동률을 증가시키는 역할을 하며, 연소기내의 온도의 감소는 열적(thermal) NOx의 감소를 이룰 수 있다. 그러나 물(증기)의 증발에 의한 온도감소 등의 원인과 더불어 연소기 내부의 물 혹은 수증기의 증가는 급속(prompt) NOx의 생성과정에서의 CH를 줄이는 주요한 원인으로 작용된다고 알려지고 있다.

3. NOx 저감기술

3.1 NOx 저감기술

그림 2는 버너 등 보일러의 연소기를 비롯하여 가스엔진, 가스터빈 등 원동기 연소장치에서 NOx를 저감하는 방식을 나타낸 그림이다. 크게 전처리 방식과 후처리 방식으로 구분되며, 전처리방식에는 버너장치에서 버너구조설계 개선으로 인한 NOx저감 기술과 가스엔진에서는 연소기내에 과잉공기를 공급함으로써 연소온도를 감소시켜 NOx를 저감하는 희박연소로 구분된다. 또한 가스터빈 연소에서는 NOx 저감 방법중에서 순수 또는 증기 분사 방법이 사용되고 있다. 연소영역에 순수 또는 증기를 분사하여 화염온도를 저하시켜 NOx를 저감시키는 방법은 현재 가장 일반화된 방식이다. 후 처리방식에서는 연소된 배가스를 촉매장치를 사용하여 정화시키는 방식으로 사용되고 있으나 배가스 정화장치 기술도 다양하게 연구되어 왔지만 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 방식은 배가스 중에 암모니아 등의 환원제를 주입하여 NOx를 질소가스와 물로 분해하는 건조식 선택적환원

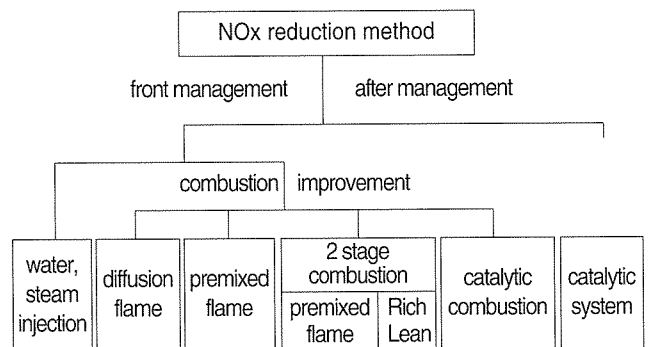


그림 2. NOx 저감방법

법이다. 이 방법의 경우 탈초율은 70~90% 정도이며, 촉매의 최적 반응온도가 300~400°C이므로 가스터빈 열병합에 사용하는 경우에는 통상 폐열회수 보일러의 고온부와 저온부의 중간에 설치된다. 최근 소형 가스터빈 열병합용에는 폐열회수 보일러와 정화장치를 일체로 한 기기도 개발되고 있다.

3. 2 가스엔진 NOx 저감기술

현재까지 국내에 설치 운영되고있는 천연가스를 연료로하는 열병합발전시스템의 NOx 배출물특성은 표 2에서와 같이 약 20ppm에서부터 328ppm 정도의 분포를 나타내고 있다.(한국가스공사 연구개발원 보고서, 2002년) 단 측정데이터는 특정시간 운전중 실시간 데이터로 건물의 부하, 계절, 시간에 따라 변동될 수 있을 것으로 판단되나 유사한 결과 일 것으로 판단된다. 이는 배출물 NOx규제치인 50ppm을 초과하는 것으로 대책이 필요하다.

표 2. 국내 열병합 NOx 배출물 특성

설치 대상처	시설용량 (kW)	제조사 (원동기)	NOx (ppm)	CO (ppm)
A	985	Jenbacher	181.34	1,421
B	538	Jenbacher	62.60	203
C	538	Jenbacher	68.10	238
D	3,000x3	Detuz MWM	106.91	574
E	1,400x3	Weuakesha	44.82	648
F	5,900x3	Niigata	328.98	1,158
G	279	MAM	23.27	642

NOx 저감기술로서 가스엔진열병합발전시스템의 경우 엔진 본체에 의한 방법으로 희박연소법, 점화시기 지연법, 배가스 재순환법(EGR)과 엔진 후처리에 의한 방법으로 삼원촉매법이 사용되고 있다. 희박연소에 의한 방법은 그림 3 에서와 같이 연료와 공기의 비율을 적절하게 조절하는 방법으로 즉 연소에 필요한 최소의 연료를 공급하므로 소 화염 연소온도를 저하시키므로서 엔진효율은 유지하면서 NOx를 저감시키는 방법이다. 이러한 방법은 비용을 최소화시키면서 쉽게 접근할수 있는 방법이나 NOx발생량은 100ppm 이하까지 저감시키기 위해서는 기술적으로 어려움이 있다.

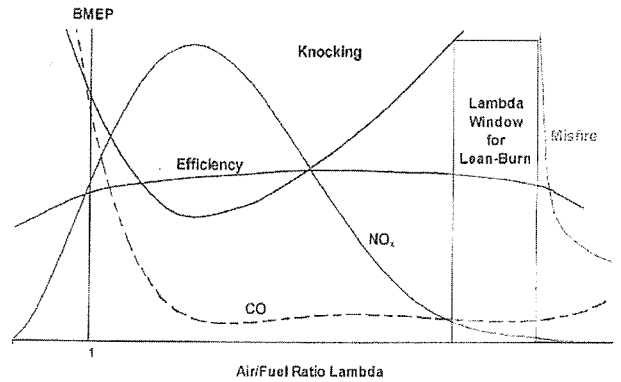


그림 3. 가스엔진의 배출물 특성

가스엔진 열병합의 NOx 저감을 위한 후처리방법으로 삼원촉매 방식을 들수 있다. 삼원촉매라 함은 그림 4에서와 같이 엔진 배가스 중 3가스성분(NOx, CO, H/C)를 동시에 정화하는 방법으로 공기비를 정밀제어하여 산화성 가스(NO, O₂)와 환원성가스(CO, HC)를 산화와 환원반응을 동시에 수행하여 NOx, CO, HC를 N₂, CO₂, H₂O로 전환하는 기술이다. 이때 주로 사용되는 촉매 재료로는 백금(Pt), 로듐(Rh), 파라듐(Pd)를 주성분으로하여 제조된다.

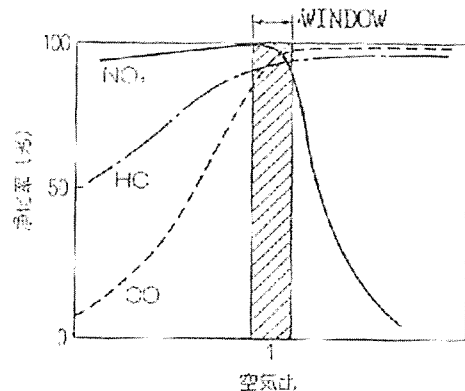


그림 4. 삼원촉매 정화특성

3. 3 가스터빈 NOx 저감기술

가스터빈 열병합발전시스템은 연소방식 자체가 희박연소방식으로 연료대비 많은 공기가 주입되므로서 NOx 생성자체가 대체로 중소형에서 50ppm 또는 100ppm이하로서 적은 양의 NOx가 생성된다. 이때 발생하는 NOx를 저감하기 위해서는 가스터빈 연소기 내에 물 또는 증기를 분사시키므로서 연소온도를 하락시키고 이에 따라 NOx 생성량도 감소하게하는 방식이 사용된다. 가스엔진 열병합발전시스템의

NOx 저감방식에 비하여 저 비용으로 효율적으로 저감할수 있다. 또한 후처리 방식으로 암모니아 탈초법이 사용되는데 10ppm 이하까지 저감이 가능한 방식이나 암모니아의 독성문제, 높은 설치비용이 문제로서 중대형 열병합발전소에서 사용될수 있는 방식이다.

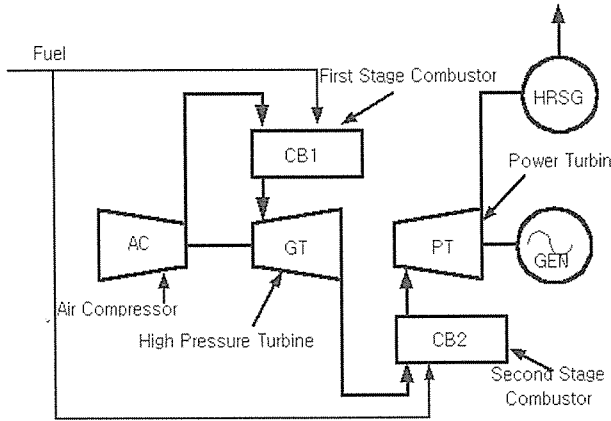


그림 5. 가스터빈 열병합의 응용

또한 가스터빈 열병합발전시스템에서 응용되는 NOx 저감기술의 대표적인 방법으로 저산소, 고온 배가스 연소는 산업체 공장에서 대기중에 버려지는 고온의 배가스를 이용한 고효율 연소, 산업용 가스터빈에서의 2차연소기(Power Combustor) 연소, 가스터빈 열병합 발전시스템에서 수요측 열수지 균형을 위한 덕트버너 연소 등에서 필요한 기술이다. 이와 같은 연소방식은 1차연소에 의한 고온, 희박산소상태의 배기가스에 연료를 공급하여 재 연소시키는 방식으로 에너지의 효율적 이용과 공해물질인 NOx 저감을 목적으로 국내외적으로 많은 연구가 수행중에 있다.

그림 5는 가스터빈 열병합 발전시스템의 개념을 나타내고 있다. 1차연소기(CB1)에서 연료를 연소시켜 산소농도 약 16% 상태의 배가스가 유입되는 2차연소기(CB2)에서 연료를 주입하여 재 연소시키는 개념으로 1차연소 배가스의 잠열에너지를 2차연소기에서 이용함으로써 시스템 효율을 향상시키고 저산소 농도의 연소에 의한 NOx 생성을 억제시킬 수 있는 방식을 보여주고 있다.

그림 6은 NOx 저감을 위한 또다른 예로서 고온, 저산소 배가스 연소가 응용되는 가스터빈 열병합 발전시스템에서의 덕트버너의 개념의 예를 나타내고 있

다. 가스터빈 연소기에서 연소시킨 약 500°C, 16% 산소농도의 배가스에 덕트버너를 부착하여 연료를 공급하여 재연소시키는 방식으로 가스터빈 배가스의 잠열 에너지를 덕트버너 연소기에서 이용함으로써 에너지 이용 효율을 향상시키고 저산소 농도의 배가스 연소에 의한 NOx 생성을 억제시킬 수 있는 방식중에 하나이다.

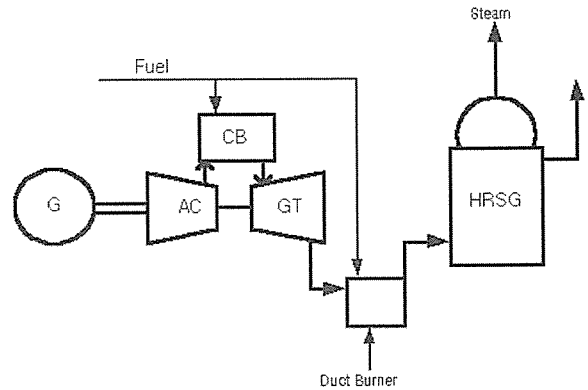


그림 6. 가스터빈 열병합에서 덕트버너 연소

4. 결론

최근 대형발전소의 경우 원자력의 핵폐기물 처리 문제, 대형발전소의 입지문제, 에너지의 효율적 사용 문제 등으로 많은 문제점이 들어나고 있으며, 이에 대한 대안으로 분산형 소형열병합발전시스템의 보급을 들 수 있다. 이러한 상황에서 향후에는 분산형 열병합발전시스템의 보급 활성화는 필연적인 것으로 판단되며, 최근 아파트, 병원 등을 중심으로 국내에서도 일부 보급활성화가 이루어 지고 있다. 그러나 2000년에 공포되었던 천연가스를 사용하는 열병합발전설비에 대한 환경규제 즉 NOx규제 50ppm 이하의 가장 큰 장애요인이라고 할 수 있다. 그러므로 NOx 규제에 대한 정책적 대안수립과 함께 NOx 저감기술개발은 규제에 앞서 환경공해 문제차원에서 기술개발이 이루어져야 할 대상이라 판단된다. 가스엔진 열병합 또는 가스터빈 열병합발전시스템에서 NOx저감 기술 자체는 서로 다를 수 있으나 열병합시스템 기술특성에 맞추어 연구개발 되어야 할 것이다.