

환경관리 기술사 문제 해설

〈대기분야 1985년도 시행〉



魯鍾植

〈고려환경컨선티트 대표, 환경(수질·대기) 기술사〉

〈1985년 시행〉 (제 3 교시)

〈문제 3〉 STOKER형 소각로와 유동상식 소각로를 비교설명하여라.

(1) 화격자연소식 소각로(Stoker형)

● 구조

소각로의 하부에다 노저로부터 적당한 간격을 둔 화격자를 설치한 소각로이다. 연소용 공기는 통상 화격자의 밑부분으로부터 연소대를 통과하여 연소기내로 유입한다.

화격자(Stoker)의 형식은, 고정식과 가동식으로 되어 있으며 폐기물의 성장 및 소각재의 조건에 따라서 건조화격자 또는 후연소화격자를 주연소화격자의 전후에 배치하는 수가 많다.

[특징]

- ① 비교적 고カロ리의 잡쓰레기연소에 적합하다.
- ② 용량부하를 크게 잡을 수 있다.
- ③ 가동화격자형은 연속투입, 연속재인출이 가능하며 전자동운전도 가능하다.
- ④ 노출구 가스온도가 높으므로 탈취구가 필요 없다.

● 적절한 소각대상물

폐지, 목편, 식물성잔사, 폐섬유, 피혁 및 플라스틱을 포함한 잡쓰레기

● 설비성능보장의 조건

- ① 투입의 제한

[투입물의 크기 및 형상]

○ 고정화격자로 회분식투입의 경우는 노내로 투입할 수 있는 크기면 충분하다.

○ 가동화격자로서 연속투입의 경우는 폭과 길이가 투입Hopper의 단면크기와 맞아야 하며, 두께는 100mm정도를 넘지 않는 것이 바람직하다.

② 투입물의 물성

○ 저위발열량 : 400kcal/kg이상으로 되어야 한다.

[처리물의 성상]

○ 회 : 열작감량 → 보통 5% 이하로 된다.

○ 중금속류 : 소각류의 종류에 따라 다르다.

○ 연소가스의 온도 : 750~1000°C 정도를 유지하여야 한다.

[처리능력의 범위]

○ 고정화격자 : 10~450kg/시

○ 가동화격자 : 200~45,000kg/시

③ 유의사항(Troble의 원인)

○ 알카리금속이 다량 함유될 때는 Clinker의 발생과 알카리에 의한 내화물의 침식 및 알카리금속 분진비산에 의한 후속설비의 부착폐색현상이 일어난다.

○ 투입 Hopper에서의 투입물의 폐색에 유의하여야 한다.

○ 온도의 노내상승에 따른 노재·화격자의 손상이 일어날 수 있다.

● 부대설비

- ① 투입·전처리설비

폐기물을 받아 소각로에 공급하기 위한 장치로서 Pit, 파쇄기, 천정크레인 등이 필요하다.

②보조연소설비: 소각을 시작하기 위하여 버너로 노내를 승온시켜 폐기물이 착화하게 하는 장치가 필요하다

③배기가스처리설비: 후속장치의 보호를 위한 가스냉각장치, 제진장치, 유해가스제거장치가 필요하다.

[가스냉각장치] 폐열보이라 또는 물분사식 가스냉각탑

[제진장치] 연속로의 경우 배출가스량 : 40,000Nm²/시, 배출기준 0.7g/Nm²이하

(2) 유동상식소각로

●구조

유동상식 소각로는 원통, 장원통 및 각형 등 여러가지 형태가 있으며 연소부와 풍합간에 노상이 있으며 내열강재 또는 내화벽돌로 된 아치 구조인 것도 있다. 노상위에는 하천모래등의 불활성무기물을 유동모체로서 사용하며 노상의 공기분출부로부터 사출되는 공기에 의하여 유동층을 형성하며 모래등 모체를 600~800°C 정도로 유지함으로써, 그 축열을 이용 오톤등을 순간적으로 연소할 수 있다. 유동모체의 정치높이는 600~1,000mm 정도이다.

유동용 및 연소용공기는 상온이라도 좋고 열회수에 의한 가열 또는 예열기에 의한 고온공기도 좋으나 유동장치는 물이 비등하는것 처럼 한다.

오톤등의 피연소물의 발열량에 따라서는 조열이 필요하며, 보통 Gun-Type의 노즐로 중유, 경유를 사출속으로 분사하여 직접연소가열을 한다. 사출의 온도억제는 이 조연유량의 증감에 의하여 조절한다.

오톤 등 피연소물은 통상 순간적으로 소각되어 무기물의 재로 되나, 그 대부분은 연소가스와 같이 노외로 날아간다. 최근에는 상당한 크기의 무기물 소각잔사를 노상으로부터 노외로 배출하며, 이때 잔사와 같이 나오는 모래만을 재차노내로 반송하는 구조의 것도 있다. 동종의 노로서는 다단로와 조합한 건조단향 유동소각로, 선회회식소각로, 유동건조와 조합된 유동소각로등이 있다. 또한 이러한 종류의 유동소각로는 건유로로서 사용할 수도 있다.

[특징]

①노상부는 모래등의 유동모체가 균일하게 유동층을 형성하고 있으므로 오톤등의 피소각물과 연소용공기가 이상적으로 혼합되어, 오톤의 정상

이나 공급량이 변동하여도 조작이 용이하며 자동 운전이 가능하다.

②수분증발과 소각이 순간적으로 동시에 일어나며 고온의 균일한 배기가스 온도를 유지하기 때문에 오염의 발생이 없고 재의 열작감량은 매우 높다.

③유동층의 열용량이 크므로 장치는 Compact형으로 되며, 노내에 국부적 가열부분이 발생하지 않는 까닭에 내화물의 손상이 적다.

④유동상식소각로는 노내부에 기계적 구동부분이 없으므로 고장이 적다.

⑤운동정지시의 온도하강이 적어 시동에서 소각개시까지의 시간이 짧으므로 간헐적운전도 가능하다.

⑥공기과잉률이 적으며 통상 m=1.2~1.4로 운전할 수 있으므로 배기가스 처리장치의 규모가 적어도 된다.

⑦펌프로 이송가능한 폐유, 폐액이나 탈수오니, 공장일반폐기물등, 다양하게 소각 처분할 수 있다.

⑧다단로와 조합한 소각로는 소각물이 다단로부에서 예비건조되며 또한 세립화되므로 순간적으로 완전소각시킬 수 있으며 발열량이 낮거나 높은 함유율의 오톤등의 소각도 기타 소각로에 비하여 적은 연료소비량으로 가능하다.

●적절한 소각대상물

하수의 초침, 중침 및 혼합오니, 화학, 석유, 식품, 제사공업등의 폐수처리에서 발생하는 오톤, 함유폐수 및 공장일반폐기물등이 적합하다.

〈문제 4〉 발생가스가 12.5m³/min일때 연통풍시키기 위하여 연돌(굴뚝)을 설계하라.

(굴뚝의 단면적과 높이를 계산하라)

단, 연소실내 통풍력이 8mmH₂O, 연도내에서는 270m/min(540°C) 대기온도는 15°C로 한다.

$$\text{통풍력 } p = 355H \left(\frac{1}{T_{\text{air}}} - \frac{1}{T_{\text{gas}}} \right) (\text{kg/m}^2)$$

을 사용하여라.

① 굴뚝높이 : $P = 355H \left(\frac{1}{T_{\text{air}}} - \frac{1}{T_{\text{gas}}} \right) (\text{kg/m}^2)$ 에서

$$8 = 355H \left(\frac{1}{273+15} - \frac{1}{273+800} \right) \quad H = 8.7\text{m}$$

② 단면적 : $12 \times \frac{273+540}{273} = 35.7\text{m}^3/\text{min}$

$$35.7 \div 270 = 0.132\text{m}^2$$

<1985년 시행> (제 4 교시)

<문제 1> 산성강수물(Acid precipitation)의 정의와 생성 원인 및 그 영향에 대하여 아는바를 쓰시오.

1. 산성비

대기환경중의 CO₂는 건조공기중 0.033Vol%가 존재하고 있기 때문에 오염되지 않은 우수는 CO₂로 포화되며, 탄산(H₂CO₃)은 우수중에서 해리하여 pH(수소이온농도)는 상온에서 5.5~5.6으로 알려져 있다.

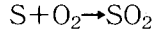
일반적으로 우수의 pH가 이보다 낮을 때 산성비라고 한다. 지표에 강하하는 산성물질에는 Aerosol, 가스, 비, 눈, Fog등 각종 형태가 있으며 이것들을 총칭하여 산성강하물(Acid Precipitates 또는 Acid Deposits)이라고 한다. Aerosol 형태로 직접지표면에 침착하는 것을 건성침착(Dry Deposition) 강수에 수반하여 침착하는 것을 습성침착(Wet Deposition)이라 부르고 있으나, 일반적으로 산성강우(Acid Precipitation)는 비, 눈, Fog 등 강수에 수반하여 강하하는 경우를 말하는 것이 보통이다. 자연상태의 우수라 하더라도 토양으로부터 H₂S 화산으로부터 SO₂, HCl 등, 유기물 분해로부터의 유기산이 대기중에 방출됨으로써 인위적인 오염이 없어도 우수의 pH는 5.6이하가 될 가능성이 있다. 또한 역으로 알칼리성 분진이 우수중에 포함되면 pH가 5.6이상인 경우도 있으므로 자연에서 생성된 우수라 하더라도 환경에 따라 pH가 큰 폭으로 변화될 수도 있다. 그러나 현재 문제시되는 산성비는 이러한 자연현상에 의해 가해지는 H₂SO₄, HNO₃ 및 HCl 등에 의해 우수의 pH가 저하되는 것이며, 대기중으로 방출되는 산성물질의 대부분이 인위적으로 배출되는 것으로 추정되고 있다.

2. 주요발생원

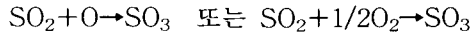
(1) 황산화물

우리가 소비하는 석탄속에는 S가 0.5~2.5% 함유되어 있는데 그중의 약 1/2이 유기황이고 나머지가 무기황(FeS₂, Fe(SO₄)₃, MgSO₄, CaSO₄)이며, 석유속에는 S가 (0.1~6%만큼 함유되어 있고, 그것을 분류한 제품속의 S는 휘발유, 등유(S 함량 0.01~0.5%), 경유(0.5%), 중유(0.5~3%)의 순으로 적게 들어 있다.

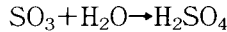
화석연료속의 S가 연소되면 다음과 같이 이산화황이 생긴다.



SO₂는 불속에서 그 일부(약 1%)가 다음과 같이 반응하여 삼산화황(SO₃)이 생긴다.



SO₃는 공기중의 수증기와 대단히 빨리 반응하여 황산(H₂SO₄)이 생긴다.



H₂SO₄는 증기압이 대단히 낮으므로 빨리 입자로 되어 황산 mist가 생긴다. 이것이 산성비나 산성안개의 한 원인이 되는 것이다.

이밖에 자연의 습지에서 유기물이 세균에 의하여 분해된 황화수소(H₂S)와 화산에서 SO₂ 및 H₂S가 방출되어 대기중에서 변환된 다음 산성비의 원인 물질이 된다.

(2) 질소산화물

물질이 연소될 때 산화질소(NO)와 이산화질소(NO₂) (이들을 통털어서 NO_x라고 함)가 발생하는데, NO_x는 고온에서 N₂와 O₂가 반응하여 생기는 thermal NO_x와 본래 연료속에 함유되어 있던 CN 화물, pyridine, quinoline 등의 질소화합물이 산화되어 생기는 fuel NO_x로 구별된다.

Thermal NO_x의 발생기작은 다음과 같다.



또한 불속에서는 H + O₂ → OH + O, O + H₂ → OH + H, O + H₂O → 2OH, H₂O ↔ 1/2H₂ + OH의 반응에 의하여 OH가 생기고, 이것이 다음 반응에 따라 NO가 생긴다.



한편 대기중에는 NO, NO₂ 이외에도 N₂O, NO₃, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅ 등이 존재한다.

(3) 탄화수소

자동차 엔진과 같은 내연기관에서는 냉각된 Cylinder 벽에 부착한 탄화수소가 불완전 연소를 하거나 타지않은 상태로 방출되어 배기가스속에 탄화수소가 섞여 나온다. 이렇게 하여 자동차배기가스속에는 paraffine 계, olefin 계, 방향족계 및 acetylene이 들어 있다.

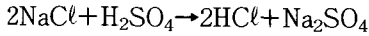
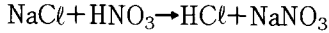
이들이 대기중에서 산화되어 개미산과 같은 유기산이 생긴다. 이밖에 습지나 광산에서는 methane이 발생하고, 침엽수림에서는 terpene이 발생한다. 이들이 대기중에서 산화됨으로써 산성비를 생성한다.

(4) 염화물

대기중에는 염화수소(HCl)와 염소(Cl)가 들어 있다. HCl은 염산과 염소화합물을 제조하거나 사

용할 때 방출된다. 또 HCl은 석탄속에 Cl이 0.07~0.2%, 석유속에 0.1~4.6%만큼 포함되어 있으므로 이들은 연소할 때 발생한다. 그리고 plastic 폐물을 연소하면, poly 염화 vinyl(Cl 함량 57%), poly 염화 vinylidene(73%), neoprene(40%) 등에 포함된 Cl가 HCl로 방출된다.

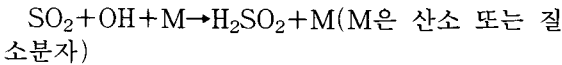
한편, 바닷물속의 소금입자가 대기중에 존재하는 질산(HNO₃)과 황산(H₂SO₄)입자와 반응하여 다음과 같이 HCl이 생겨서 빗물에 녹는다.



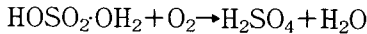
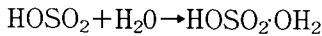
(5) 대기중에서의 산성비의 형성

대기중에서 SO₂와 NO_x는 변환하여 H₂SO₄와 HNO₃를 생성하는데 그 변환은 기체속과 액체속(구름과 빗방울)에 따라 각각 다르게 일어난다.

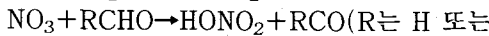
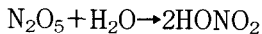
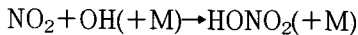
공기(기체)속에서는 SO_x가 자외선이나 O₂에 대하여 비교적 안정하다. 그러나, SO₂는 OH와 다음과 같이 반응한다.



이 반응속도는 OH 농도에 따라 1시간에 1~3%의 비율로 변환한다. 여기에서 생긴 HOSO₂는 다음 반응으로 H₂SO₄를 생성하여 빗물속에 녹는다.

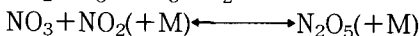
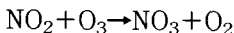


대기중의 질소산화물은 다음 3가지 반응을 하여 생성된다.



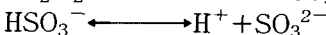
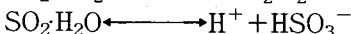
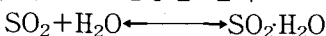
CH₃)

여기에서 NO₃와 N₂O₅는 다음과 같이 NO₂와 O₃가 반응함으로써 생성된 물질이다.



실험결과에 따르면 SO₂+OH→HOSO₂의 변환보다 NO₂+OH→HONO₂의 변환이 10배나 더 빨리 일어난다. 예를 들면 공기중의 상대습도가 50%일 때 NO₂는 1시간당 10~50%가 HONO₂로 변환된다.

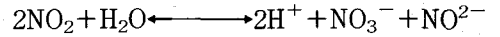
한편, SO₂는 구름이나 빗방울의 물분자(액상)와 다음과 같은 반응을 한다.



위의 반응에서 생성된 SO₂·H₂O, HSO₃⁻ 및 SO₃²⁻는 pH3.5~5.5에서 90% 이상이 HSO₃⁻로

된다. 여기에서 SO₂가 물에 녹아도 HSO₃⁻나 SO₃²⁻가 생성될 뿐 SO₄²⁻는 생성되지 않음을 알 수 있다.

한편, NO₂는 물과 다음과 같이 반응하여 NO₃⁻와 NO₂⁻를 생성한다.



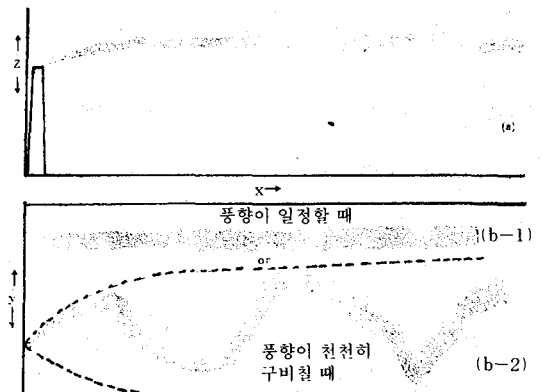
3. 산성비의 영향

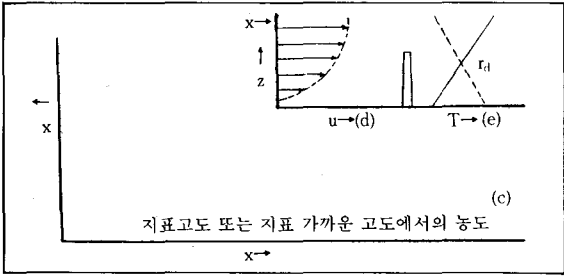
인공산성비의 식물에 대한 실험에 의하면 pH3~4이하가 되면 잎사귀의 표면에 괴사반점이 생긴다고 보고되고 있으며 특히 산성비에 민감한 대두는 pH4.0에서 시금치, 연초, 감자, 토마토 등은 pH3.5의 산성비에서 그 증상이 나타난다. 또한 산성비의 꽃잎에 대한 영향(탈색반응)은 나팔꽃이 가장 감수성이 높은 것으로 보고되어 있다. 산성비의 산포를 받은 잎은 chlorophyll 함량을 저하시켜 광합성이 저해되어 잎의 수축이나 외화가 관찰되고 있으며 잎이나 콩꼬투리의 건물중량의 저하가 일어난다. 또한 근채류의 수확에도 많은 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다.

수립에 대한 산성비의 영향은 직접적인 것과 간접적인 것으로 구분되며 직접적인 영향으로는 공변세포의 정상기능 방해, 세포에 대한 산성물질의 유해작용, 수정이나 발아 등의 방해가 일어난다. 간접적인 영향으로 건조 등 다른 환경 stress 요인에 대한 감수성이 높아진다.

이러한 산성비의 식물에 대한 영향 이외에도 토양, 생태계에도 적지않은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈문제 2〉 절대안정(Absolute stability) 조건하에 있는 대기층내에서 연속적으로 매연을 배출하는 공장굴뚝이 있다. 이 굴뚝에서 배출하는 연기의 모양을 옆(측면)에서 보았을 때와 위에서 보았을 때의 모양을 그리시오.





<문제 3> 자동차로부터의 오염물질 저감방법을 자세히 설명하여라.

배기정화, 즉 유해가스배출 저감방식을 크게 나누면 다음과 같이 그 방식이 된다.

① 기관의 연소방식 자체를 개량하는 engine modification으로 유해가스 발생을 억제하여 되도록 깨끗한 가스를 외부로 방출하는 방식

② 기관에서 나온 배기를 외부에 설치한 장치로써 정화시켜서 배출하는 방식

그러나 이 두가지 방식을 조합하여 채택하고 있는 경우가 많아서 다음에 위와 같은 구별없이 각 방법을 약술해 본다.

(1) EGR(배기가스 재순환장치)방법

배기계의 송중에서 배기가스의 일부를 흡기계로 송입시켜서 배기가스의 열용량으로써 연소최고온도를 강하시키는 것으로 1971년에는 BMW, 72년에는 chrysler, Buick에서 채용하였다. 비교적 간단한 metering에 의하여 manifold EGR를 하고 있다.

EGR량은 소형차에서는 15%, 대형차에서는 20%가 감소되고 NO_x의 저감률은 60~70%이다

(2) 공기분사계(A.I.R)

2차공기를 배기밸브 근처에 분사하여 exhaust post, exhaust manifold(배기다기관)에서 HC와 CO를 산화하는 방법으로서 10수년전 미국 California 주의 규제 대책으로 출현되었으나 고가인 공기펌프를 필요로 하기 때문에 이때부터 engine modification으로 이행하게 되었다.

대형차는 배기가스량이 많으므로 NO_x저감이 곤란하며 EGR 방법만으로 저감시킬때에는 저감한계는 29/mile라고 알려져 있으나 이것도 사실에 있어서는 약간 농후한 공연비로써 NO_x의 저감과 운전성의 개선을 피하므로 증가되는 HC,CO를 A.I.R로 저감시켜야 한다고 생각된다. 즉, EGR, 공연비, A.I.R 및 EGR을 모두 채용하여야함을 말

하고 있다.

(3) Thermal reactor

Thermal reactor는 배기다기관에 부착시킨 장치로써 이 장치는 수층으로 된 산화 반응기이며 실린더에서 발생된 HC,CO를 산화시켜 저감시키려는 방법이다. 따라서 이 장치는(a)되도록 고온일 것, (b)대류시간이 길것, (c)2차공기와 배기의 혼합이 잘 될것, (d)공연비 등이 중요한 구비조건들이다.

Reactor는 CO의 정화보다 HC의 정화기능이 좋으며 NO_x의 정화성능은 없다. 따라서 후술하는 촉매 conver와 조합하여 촉매의 예열기로 사용하므로써 cold start 직후에 되도록 조속히 촉매를 정화개시온도(light off temperature)로 상승시키도록 하고 있다. 그러나 열용량을 되도록 적게하여 reactor 반응부의 난기성을 좋게 하는 것과 반응부의 고온유대가 양립하지 않는 어려움이 있다. 또 차량에 부착할 때의 필요공간, engine room의 열복사가 대단히 큰 점이 단점이다.

Reactor에는 rich thermal reactor와 lean thermal reactor의 두가지가 있으며, 전자는 이론 공연비보다 농후한 혼합기를 기관에 공급하고 exhaust port에 2차공기를 공급하여 미연의 HC, CO의 산화를 피한 것으로서 현재의 reactor개발의 주류가 되어 있다. 이 방법은 운전성이 좋고 NO_x 저감효과는 좋으나 연료비가 10~20% 증대하며 반응부 온도가 950~1100°C에 달하므로 고가인 내열재료를 필요로 하는 결점들이 있다.

미국의 Du pont reactor가 대표적인 것으로 제일 먼저 개발한 것으로서 현재 개발되는 것들은 이것을 기준으로 하고 있다.

후자는 기관에 17~19:1의 극히 희박한 혼합기를 공급하여 2차공기 공급없이 reactor내에서 반응시키는 것이다.

Reactor에 유입되는 HC와 CO농도가 적으므로 reactor내에서의 발열이 적은 이점이 있다. 그러나 희박한 공연비로 기관을 원활하게 운전시키려면 특수한 기화기를 필요로 하는 단점이 있다.

(4) 촉매 컨버터

자동차 배기가스용 촉매 converter의 개발은 십수년전 미국에서 실현 되었으며 촉매 converter는 촉매 금속을 담체(support, substance)에 담수시킨 촉매와 이것을 수용하는 금속용기로 되어 있다.

촉매에는 HC, CO를 산화하는 산화촉매가 있고, NO_x를 환원하는 환원촉매가 있다. 모양에 따

라 촉매를 분류하면 입자상(pullet type)촉매→구상, 봉상(extruded), 일체구조(monolithic)촉매→벌집모양, 금속촉매(bulk metalcatalyst)로 된다.

촉매는 모든 물리적 강도가 고온에서 견디어야 하고 고온에서 소결되지 않는 ceramic이며, 또한 파손이 적어야 한다. 촉매금속으로서는 Palladium(Pd), Platinum(Pt) 등의 귀금속계와 Cu, Cr, Ni, Mn, Co, Fe, V 등의 산화물 및 이들을 조합한 금속계가 있다.

(5) 기관개조

Engine modification에 대해서는 주로 구조면에서의 개조로서 그 특징이 뚜렷한 두가지에 대하여 소개하기로 한다.

(가) TGP 연소방식 기관

일본의 Toyota 자동차 공업주식회사에서 개발한 것으로서 연소실의 일부에 부연 소실을 마련하여 균질한 혼합기를 만들고 있다.

부연소실, 즉 난류발생실(turbulence generating pot:TGP)과 주연소실을 잇는 통로는 디젤 기관의 예연소실 분출구보다 비교적 넓으며 여기에 점화 플러그를 마련하여 점화시킴으로써 발생하는 강한 분류화염에 의하여 연소를 개선하려는 방식이다.

압축행정중에 혼합기는 분출구에 발생한 화염 핵은 혼합기의 흐름에 편승되어 부연소실내로 유입하면서 성장하고 연소가 개시된다.

TGP내의 혼합기는 강한 흐름 때문에 격렬하게 타고 주연소실을 향하여 강한 분류화염을 분출시킨다.

따라서 주연소실내의 혼합기도 강한 흐름이 되고 초기의 연소가 대단히 빨라진다.

종래에는 제3밸브가 없는 부연소실불이기관에서 그 내부의 잔류가스의 소기가 어려워 부연소실 내부에서의 착화성이 나쁘고 idling과 같은 경부하시에는 희박한 혼합기로 기관을 안정하게 운전시키는 것은 거의 불가능 하였었다.

이 방식에 있어서도 운전상의 악화를 방지하기 위하여 EGR방식도 겸용하고 있다. 이렇게 하므로써 NO_x가 현저히 감소하였으므로 TGR내에서 발생된 NO_x농도의 분포는 거의 균일하고, 또 농도는 평균적으로 보아 약 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 로 감소되고 있다. 또 TGP의 체적의 분구단면적에 대한 비가 기관 토오크, NO_x배출량 저감은 물론 토오크변동, 출력성능 등에 크게 영향을 주고 연료소비저감도 기할 수 있는 방식이다.

(나) CVCC기관

일본의 Honda회사에서 개발한 것으로서 부연소실에서는 제2의 흡기 밸브가 마련되어 있다.

CVCC라는 약호는 Compound Vortex Controlled Combustion을 취한 것이다.

본 방식은 부연소실에는 농후한 혼합기, 주연소실에는 희박한 혼합기를 공급하므로 기화기는 각 연소실에 대하여 각각 따로 마련되어 있는 구조상의 복잡성과 부연소실에 대한 흡기밸브기구 또한 복잡하나(따라서 3밸브기관이라고도 칭함) 다른 대책기관과는 달리 EGR장치, thermal reactor, 2차 공기 공급장치, 전자제어연료분사장치, thermal reactor, 2차공기 공급장치, 전자제어연료분사장치 등이 없고, 또한 촉매 컨버터도 없어서 비교적으로 구조가 간단하고 취급이 용이한 장점을 가지고 있다.

NO_x저감은 부연소실의(토오치(torch)공면적/체적)비가 적을수록 효과가 좋으며 토오치 공면적을 작게하면 압축행정에서 주연소실에서 부연소실로 유입하는 혼합기 유속이 증대하여 점화 플러그 근처의 정상적인 착화성이 어려워져서 protector를 마련하고 있다.

본 기관의 점화시간의 특성으로는 2단진각특성의 mechanical governer에, 운전에 따라 변화하는 inlet manifold부압으로써 제어하는 dual vacuum control을 설비하고 있다.

이 manifold 부압송중에 냉각수 온도, 차속 조건에 따라 단속하는 solenoid valve를 마련하여 운전조건에 따라 점화시기의 최적화를 꾀하고 있다.

그 외로 흡기온도자동제어, 공연비적정조정, 증발가스방지장치등으로 유해가스발생저감을 꾀하고 있다.

그리고 디젤, 자동차의 배기가스중의 오염물질은 아래와 같으며

배출	관측치	평균(g/np-hr)
smoke(particulate)	1~10mg, ft ³	0.05~0.3
CO	50~500ppm	2~10
NO _x	200~300ppm	4~20
HC	10~500ppm	0.2~3

디젤 엔진으로부터는 냄새, 연기, CO, HC, NO_x 그리고 소음 등이 발생하는r" 이들은 다음에 열거된 변수들의 복잡한 함수로 나타난다.

- ① 연소실의 설계
- ② 연료주입기의 설계 (다음호에 계속)