

음이온 예비연소에 의한 연료-매연 절감효과

—The negative ion pre-combustion technology
of improving combustion efficiency and emission

北京交通大学 教授、中国建筑材料科学研究院 顾问
金宗哲(김종철)

最近에 에네지와 매연절감을 위한 연구는 USA 의 Southwest Research Institute 가 연구한 공기予加熱方法(HCCI), 日本 New ABC 研究部の 予混合压缩着火燃烧(PREDIC) 本田의 UNIBUS, 日産의 MK 및 三菱의 PCI 方式이 있다. (1)(2) 以上の 技術은 아직 实用化되지는 안었으나 그중에 廢氣再循环利用、噴射高压化技術등 기술은 모두 燃料와 空氣의 이온化率을 높이는 점에서는 음이온예비 燃燒技術과 同일한 점이라고 볼수 있다.

본문에서는 電子、이온을 이용한 예비燃燒방법으로 에너지와 매연절감의 原理와 Diesel Engine 에서 實驗結果를 소개한다.

1. 大氣와 음이온 공기

空氣는 氣體中の 電子、이온、分子들의 密度에 의하여 大氣狀態、음이온狀態、燃燒狀態 및 plasma 狀態등으로 区别된다. 電子、이온 密度가 2.7×10^{16} 개/cm³ 以上일때를 Plasma 狀態라고하며、燃燒氣體는 電子、이온、勵起分子、原子、分子들의 粒子운동상태로서 Plasma 狀態에 근사하다. 負電荷를 가지고있는 이온과 電子가 많이있는 공기를 음이온 空氣라고 한다. 大氣中에 이온과 음이온에 關한 兪러가지 說明이 있다. (3)(4)

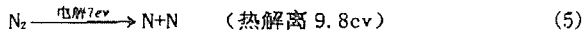
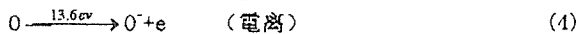
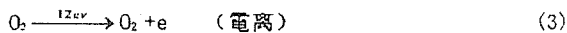
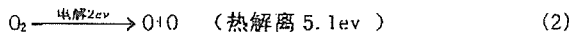
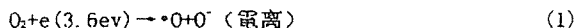
이온과 電子의 密度는 放射性和 宇宙線에 의하여 变化된다. 大氣中에는 O₂ (21%), N₂ (78%), CO₂ (360×10^{-6}) 등외에 O₂ (H₂O)_n, CO₂ (H₂O)_n, OH (H₂O)_n, NO₂ (H₂O)_n, SO₂ (H₂O)_n, O₂⁻ (H₂O)_n, H⁻ (H₂O)_n, NH₃/NH₄ (H₂O)_n, 등의 이온 수는 $10^2 \sim 10^5$ 個/cm³ 된다.

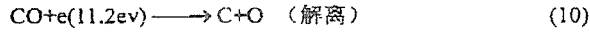
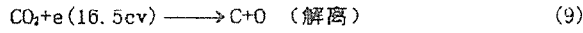
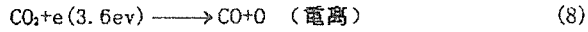
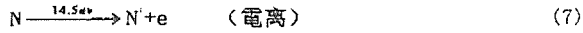
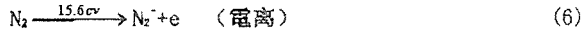
그외에 •O(5.5ev), •N(9.8ev), •H(5.1ev), •OH(5.1ev), •CO(5.5ev) 등의 래디칼의 密度는 10^7 個/cm³ 以上으로 알려져 있다.

2. Plasma 와 燃燒

空氣中の 原子 혹은 分子는 外部에서 어떤 한 방법으로 에너지를 첨가할때 電子、이온、分子들의 衝突에 의하여 勵起、解離 및 이온化된다. 電子의 에너지는 0~20ev, 이온은 0~2ev, 勵起分子는 0~20ev 程度로 된다. 電子의 平均 에너지가 1~20ev 인경우에, 電子密度는 10^{13} 個/cm³ 된다. 이런 에너지、壓力과 溫度 狀況에 따라 여러가지 反應이 생긴다.

大氣中の 空氣에 10~20ev 의 에너지를 첨가하였을때





電子와 이온의 密度가 $10^8 \sim 10^{17}$ 個/cm³ 일대다를 低溫 Plasma 라고하고 高溫 Plasma 의 密度는 2.7×10^{19} 個/cm³ 된다. 氣體分子密度 2.7×10^{19} 個/cm³ 의 千分一以上 일대를 Plasma 狀態라고 한다.¹⁵¹

3. 燃燒反應

Westbrook¹⁶¹의 燃燒 全局 反應식은

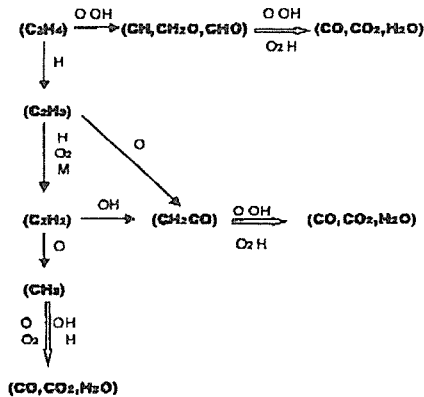


簡單이 쓰면:

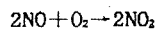
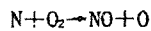
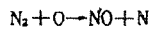


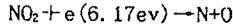
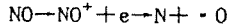
燃燒는 空氣와 燃料의 反應으로 그內的 活性分子인 電子, 이온과, 勵起分子, 래디칼 등의 不동한 反應으로 Plasma 狀態와 같이 복잡하다.

예비 燃燒反應은

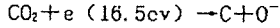
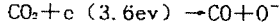
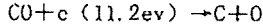
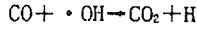


窒化物的 反應은





酸化炭素의 反応은



以上の 反応은 아직 명확이 밝혀지지 못하고있다 .

反應速度定數는

$$\frac{d[\text{fuel}]}{dt} = -AT^n P^m \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) (\text{fuel})^a [\text{O}_2]^b \quad (16)$$

A — 定數 T — 溫度 $n \approx m \approx 0$ a, b = 定數

E — (燃燒室內) 活性化 에너지는 $126 \sim 203 \text{Kj mol}^{-1}$

(16)式에서 T와 P가 定值일때 反應速度와 E의 關係는

$$\frac{d[\text{fuel}]}{dt} \propto \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \quad (17)$$

만약에 E를 1/2 감소 한다면 反應速度는 1.6 배 增高된다 . 予燃燒 경우는 空氣와 燃料가 燃燒室에 들어 가기전에 活性化되어 普通 燃燒보다 에너지는 절감되고 反應速度는 增高된다 .

4. 예비燃燒技術

- (1) 燃燒의 과정은 分子의 解離 및 이온화와 , 再結合의 두 단계로 볼수 있다. 第一段階는 吸熱反應이고 第二段階는 酸化放熱反應이다 . 그 제일 단계의 반응은 燃料과 空氣가 燃燒室에 들어가기 전에 電子와 이온들의 衝突을 이용하여 분리와 이온화 할수있다. 이 燃燒의 第一段階 反應을 예비 燃燒라고 한다.
- (2) 電子에 의한 불리 에너지가 열에 의한 불리 에너지보다 약 1/2 적기 때문에 비연소 방법은 연료를 절감하게된다.
- (3) 空氣中에 N_2 가 燃燒할때 熱解 에너지가 消耗 되고 反應速度가 감소되며, 溫度가 높을수록 NO_x 가 많이 발생한다. 普通 空氣를 대신하여 이온 空氣를 사용하면 질소 분자의 量이 상대 적으로 적게 되기 때문에 연료를 절감하는 동시에 NO_x 의 生成量도 절감된다.
- (4) 예비 燃燒法은 電子와 이온 래디칼에 의하여 完全燃燒가 되면서 CO를 低減하고 熱效率을 增高 할수있다.
- (5) 예비 燃燒法은 燃料를 使用 하는 여러 分野에서 利用될 可能性이 있다.

5. Diesel Engine의 實驗

實驗은 交通大學內燃機實驗室에서 進行了. 실험장치는 ZS195內燃機 (8kw) 實驗裝置로 10 号디젤油를 사용하여 運轉하면서 油耗率과 NO_x 및 CO를 測定하였다.

實驗 1

空氣를 活性化 하기위하여 음이온 發生器 ECO-ION1205 (음이온 密度는 $10 \times 10^6/\text{cm}^3$ 以上)을 吸氣口에 直接 고정하여 1時間 測定 하였다. 三回의 實驗結

果 平均值를 Fig1, Fig2, Fig3, Fig4에 각각 나타내었다. 유효열과 NOx, CO 低減結果를, Fig5, Fig6에 각각 나타내었다. 연료는 5—20% 절감되고 매연은 5—30% 절감 되었다.

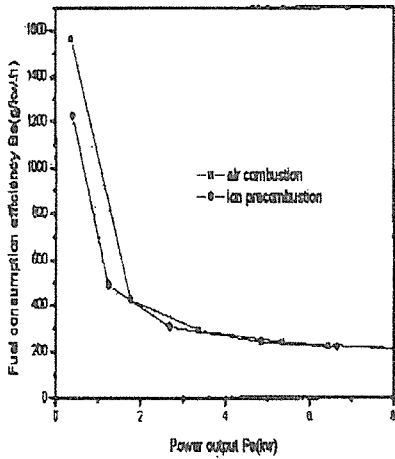


Fig. 1 The fuel efficiency improvement to the power output

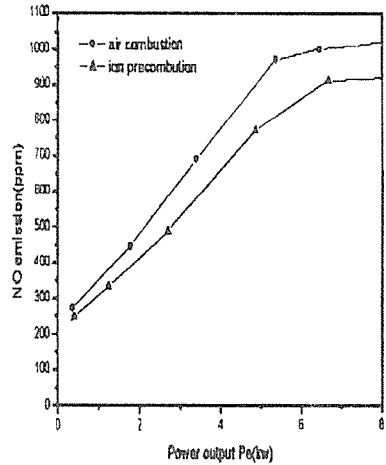


Fig. 2 The exhaust improvement of NO to the power output

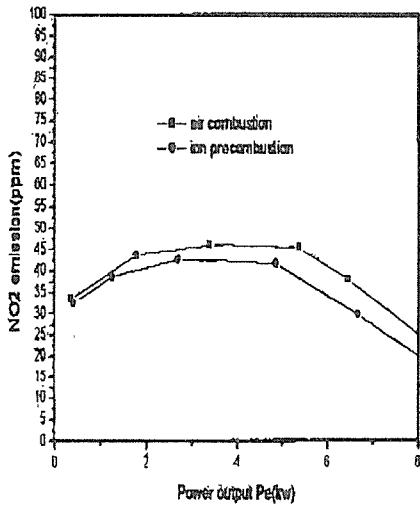


Fig. 3 The exhaust improvement of NO₂ to the power output

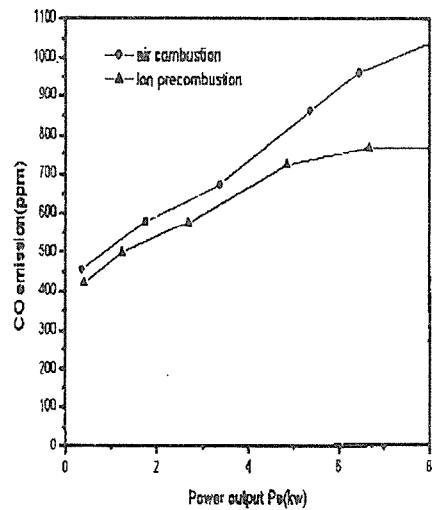


Fig. 4 The exhaust improvement of CO to the power output

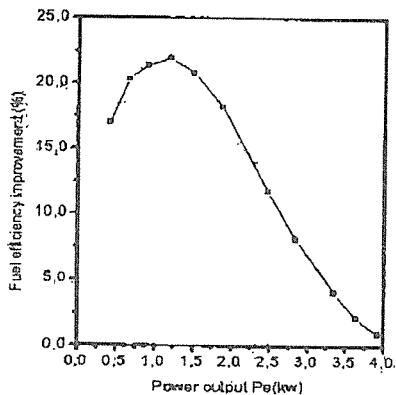


Fig. 5 The fuel efficiency Improvement in relation to the power output

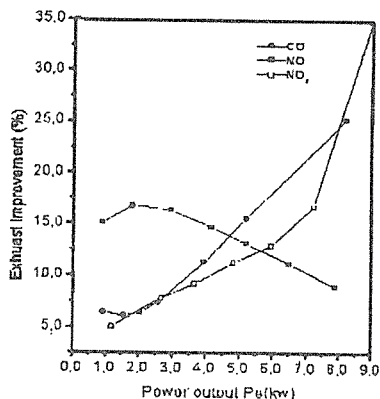


Fig. 6 The exhaust improvement of CO, NO and NO₂ in relation to the power output

實驗 2

油의 活性化装置 JDE-1 을 噴油口에 연결하여 연료가 먼저 이장치를 통과하여 噴油口에 들어가게 하였다. 이 装置는 内径 50mm, 길이 180mm 로 濾過網도 있다. 그속에는 음이온 發生材料 NRF-3 稀土類를 소결한 φ6mm 球状燒結체로 約 0.6kg 들어있다. 實驗結果는 實驗 1 과비슷하다. 연료는 6—22%, 매연은 10—30% 減감되었다.

實驗 3

음이온이 작용한 연료에서 •OH 래디칼이 觀察되었다. 測試設備는 BRNKER ESP 300E 로서 DMPO 시약으로 捕捉된 ESR 의 spectrum 는 •OH 의 spectrum 라는 것이 확인 되었다.

實驗 4

담배燃燒에서 發生하는 Nox 의 除去試驗.

음이온 發生器부터 發生하는 電子와 음이온에 의하여 NOx 가 低減한다. 實驗結果는 0.5 時間에 Nox 가 50ppm 부터 16ppm 로 65% 低減되었다.

主要參考文獻

1. 蔣德明 內燃機燃燒与排放学, 西安交通大学 2001, 90—94
2. 浅海靖南 日本燃燒学会誌 44 (127) 2002, 45—52
3. 中江茂 日本機能性 이온 協會讲演集 負 이온을 在科学 한다, 2003: 2—7
4. 江川芳信 마이너스이온 完全讀本 现代書林出版 2003
5. 小沼光晴 프라즈마와 成膜의 基礎 日刊工业新聞社 1988
6. Westbrook C. K. and Dryel F. J Prog. Energy Comb. Sci. 1984. (1): 1—57
7. T. Watanabe; Fuel - Reforming Sheet and Method of Manufacture Thercof , US Patent 6, 00, 537B1 2001
8. 渡边考司, 日本機能性 이온 協會第 2 回发表会特別讲演, 2003: 15—24