

燃燒와 연소시설

— 고체연료 연소시설 —

김 종 석

(環境廳 대기관리과장·기술사)

연 소

연소란 연료와 공기중 산소가 적당한 조건에서 일으키는 화학반응결과 불꽃과 Energy 및 연소 산물을 생성해 나가는 과정을 말한다.

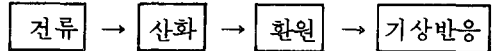
일반적으로 연료와 산소가 화학반응을 일으켜 완전연소하기 위해서 3 T (Turbulent, Temperature, Retention Time) 의 세조건이 충족 되어야 한다.

연소와 연소시설

1. 고체연료의 연소

흔히 사용하는 고체연료란 석탄, 코크스, 목재 등이 있으며 여기서는 석탄을 중심으로 연소원리와 연소시설을 분류 설명코자 한다.

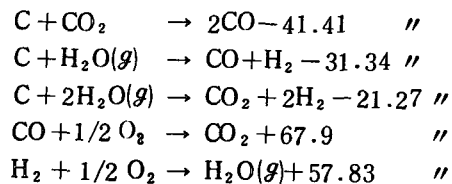
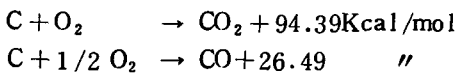
석탄연소는 아래와 같은 몇가지 과정을 거쳐 연소된다고 생각된다.

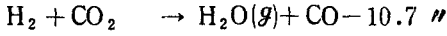


<表-1>

	A 진류 (乾溜)	B 산화 (酸化)	C 환원 (還元)	D 기상반응 (氣相反應)
내용 설명	석탄中揮發物이 진류되고 Coke (炭素)만 남는 과정	Coke + 1 차공기중 (O ₂) → CO ₂ 형성	Coke + (CO ₂) → H ₂ O → CO, H ₂ 형성	휘발물 + 1 차공기중 (O ₂) → CO, H ₂ → CO ₂ , H ₂ O 형성
반응종류	흡열 반응	발열 반응	흡열 반응	발열 반응
반응속도등	酸化, 還元 과정에서는 氣相과 接하는 Coke 表面에서 反應이 일어나므로 反應速度는 化學反應速度와 기체경막에 對한 物質移動速度에 좌우된다. 따라서 高溫에서는 化學反應速度가 큰 반면, 이때 Coke 表面에 생기는 회층 때문에 物質移動에 對한 抵抗이 커지므로 이때 反應速度는 확산속도에 따라 지배적이다.			

석탄연소의 각 과정에서 이루어지는 화학반응을 양론식으로 정리하면 또한 아래와 같다. (진류층제외)





실지 석탄연소방법에는 火格子연소 (Stoker) 미분탄연소 (Pulverizing Coal) 및 유동층연소 (Fluidized bed combustion) 등으로 분류된다.

(1) 火格子燃焼

火格子燃焼란 종래 흔히보는 조개탄 난로연소를 예로서 설명할 수 있는 것으로 格子網위에 석탄층을 쌓고 火格子 아래로부터 1차공기를 불어넣어 석탄을 연소시키는 것이다. 이때 1차공기 중의 O_2 는 건류된 Coke에 酸化反應하여 CO_2 를 발생하고 이렇게 발생한 CO_2 (또는 H_2O) 의 일부는 주위의 Coke와 反應하여 CO , H_2 를 형성한다. 이때 탄층 최상부에서는 건류가 일어나며 건류된 Coke는 계속 火格子위로 하강하면서 위의 反應을 接하게 된다. 따라서 결과적으로 보면 탄층 (火床) 상부로부터 乾溜層, 還元層, 酸化層, 灰層의 순으로 重積하며 석탄은 1차공기의 移動방향과 逆방향으로 移動하게 된

다. 고로 석탄의 火格子燃焼는 固狀燃焼와 氣相燃焼로 區分된다. 氣相燃焼는 석탄층 (火床) 의 上部에서 건류된 휘발분이 화실내에서 공급되는 2차연소공기와 연소반응하는 것으로 이는 확산방식에 의한 가스연료연소와 같이 빨간색의 長焰이 발생하게 되고 이 현상을 Semi-Gas-Firing (半가스焚) 이라고 한다.

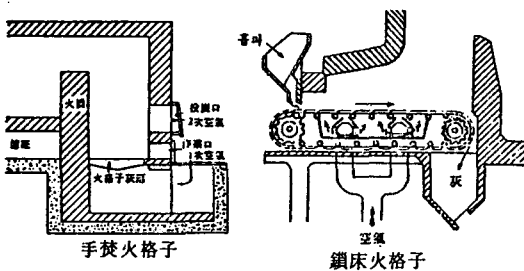
흔히 사용되던 火格子연소장치에는 아래와 같은 것이 있다.

- ① Hand Firing Grate (手焚火格子)
 - Over Firing Grate (上給炭火格子)
- ② Mechanical Stocker
 - Chain Firing Grate (鎖狀火格子)
 - Under Firing Grate (下給炭火格子)

이들 화격자연소장치의 연소를 연소과정 및 과잉공기비등을 정리하여 보면 아래 表와 같다.

< 表 - 2 > 火格子 燃焼裝置의 特性

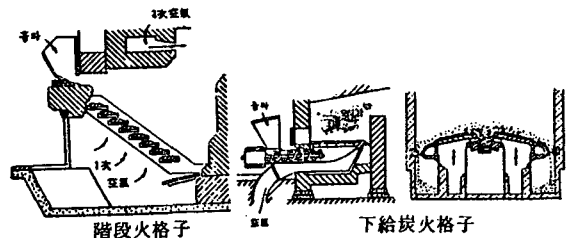
裝置의 種類	燃焼率 (kg/m ² ·hr)	石炭移動方向과 一次空氣 흐름의 方向	燃 燒 過 程	空氣過剩係數
手焚 火格子	80~150	逆	炭層上方부터 乾溜, 還元, 酸化, 炭層	1.7~2.0
鎖床 火格子	100~180 (自然通風) 200~250 (強制通風)	直 角	橫的으로 乾溜, 燃焼層이 연속됨, 短焰	1.3~1.5
傾斜 (階段式) 上給스토키	100~150 (自然通風) 200~300 (強制通風)	部分的 逆	焚燃가 可能 長 焰	1.3~1.5
下給스토키	150~300 (強制通風)	上向同一	炭層이 手焚때와 반대, 短焰	1.3~1.5



(2) 미분탄 연소

이는 석탄을 분쇄기에 넣어 1mm이하의 미분석탄으로 분쇄시킨후 이를 1차공기 중에 浮遊

시켜 Burner 를 사용하여 화실내에 분출시켜 연소시키는 方法으로 분사된 미분탄은 화실내에서 복사열로 加熱되며 乾溜과정을 거쳐 미분 Coke가 된다. 따라서 코크스 및 揮發분이 2차공기

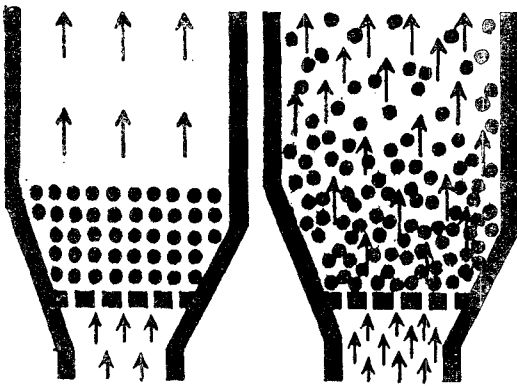


와 혼합 접촉하여 酸化, 還元 및 氣相燃焼가 同時에 일어나게 된다. 이때 연소에 요하는 時間은 대략 미분탄 직경의 자승에 비례한다. 焙煎과 速度는 氣體燃料에 비해서 매우 크며 경우에 따라서는 10m/s 정도에 이르는 경우도 있으므로 Burner 분출속도가 적을 때는 역화(Back fire)가 될 가능성이 높아 분출속도를 크게 하는 경우가 많으며 따라서 미분탄화염이 매우 길어지는 것이 통례이다. 불꽃을 짧게 하려면 2차공기速度를 적게 1차공기와 2차공기가 서로 역방면으로 선회시켜 혼합을 촉진하는 경우도 있다.

미분탄연소는 발전소등 대규모 Steam Generation 등에 사용된다.

(3) 유동층연소

최근 석탄 Energy가 대체연료로서 사용방법은



<그림-1>

<그림-2>

석탄슬러리, FBC보일러 등이 대표적인 것으로 이중 FBC보일러가 바로 유동층연소 원리를 사용한 석탄연소보일러이다.

유동층연소(Fluidized bed combustion)란 윗 그림에서 보듯이 연료를 광물성입자(석회석, 모래, 회분)로 형성되는 유동상 내에 분사 연소하는 방법이다.

윗 <그림 1>에서 보듯이 불활성물질상을 균일한 공기층에 노출시키게 되면 불활성물질상(입자)이 분산되어 가스층의 상부에 부유하게 된다. 이때 공기층의 분출속도를 증가시키면 이렇게 형성된 유동상을 형성하는 입자는 <그림-2>에서 보듯이 심한 난류상태에 돌입한다. 따라서 이런 난류상태에서는 균일한 혼합이 필연적으로 이루어지게 된다. 이때 유동상 표면은 정확히 정의할 수는 없으나 확산성(Diffuse)을 띠게 됨을 알 수 있다. 이렇게 형성된 流動床內에는 끓는 물속에 기포가 형성하는 것과 같이 가스의 기포가 형성되며 이와 같은 형상을 유동상이라고 한다. 流動床은 流體와 같은 特性을 나타내며, 有限한 유동층을 갖게되며, 이 유동층에는 流體와 같은 수두정압(Hydro static head)도 갖게된다.

석탄 유동연소는 앞서 설명한 석회석(모래 또는 회분)입자는 유동상에 고체, 액체 또는 가스상연료를 분사하여 연료/공기 혼합을 양호하게 하여 800℃(1600°F) 정도의 비교적 저온에서 연소가 효율적으로 진행되게 한다. *

☆ 믿는 마음 지킨 약속

다져지는 신뢰사회 ☆